

**MANAJEMEN RISIKO PROSES PRODUKSI GULA
MENGUNAKAN METODE *FUZZY FAILURE MODE AND
EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FUZZY ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS* (AHP)
(STUDI KASUS PADA PG KEBON AGUNG, MALANG)**

Oleh :
DWI TRESNA CHOIRUL YUSUF
135100301111069

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Manajemen Risiko Proses Produksi Gula
Menggunakan Metode *Fuzzy Failure Mode And
Effect Analysis (FMEA)* dan *Fuzzy Analytical
Hierarchy Process (AHP)* Pada PG Kebon Agung,
Molong

Nama Mahasiswa : Dwi Tresna Cholul Yusuf

NIM : 135100301111069

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

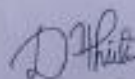
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir. Imam Santoso, MP.
NIP. 19681005 199512 1 001



Dhita Morita Ikasari, STP., MP.
NIP. 19880318 201504 2 002

Tanggal Persetujuan :

14/01 2018

Tanggal Persetujuan :

15/01 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Manajemen Risiko Proses Produksi Gula
Menggunakan Metode Fuzzy Failure Mode And
Effect Analysis (FMEA) dan Fuzzy Analytical
Hierarchy Process (AHP) Pada PG Kebon Agung,
Malang

Nama Mahasiswa : Dwi Tresna Choirul Yusuf

NIM : 135100301111069

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS.
NIP. 19590924 198601 2 001

Dosen Penguji II,

Dr. Ir. Imam Santoso, MP.
NIP. 19681005 199512 1 001

Dosen Penguji III,

Dhita Morita Ikasari, STP., MP.
NIP. 19880318 201504 2 002



Dr. Suherpo, STP, MP
NIP. 19730602 199903 1 001

Tanggal Lulus TA :

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Dwi Tresna Choirul Yusuf, lahir di Jember pada tanggal 17 September 1994 dari ayah yang bernama Suharsono dan Ibu Nurhayati. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah dasar di SDN Bangsalsari 08 pada tahun 2007, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Rambipuji lulus pada tahun 2010. Penulis melanjutkan studinya di SMAN 4 Jember hingga lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan tingginya di Universitas Brawijaya pada jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian melalui jalur SNMPTN.

Pada tahun 2018 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya. Selama masa studinya, penulis aktif di berbagai organisasi dan kepanitiaan di lingkungan fakultas maupun universitas. Penulis aktif di UKM menembak BASIC SC. Penulis meraih juara 2 cabor menembak dalam Olimpiade Brawijaya 2014. Penulis aktif sebagai staff departemen project IAAS LC UB. Penulis pernah menerima hibah pendanaan PHBD oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia tahun 2016, terpilih sebagai delegasi dalam IAAS *Exchange Program Internship* 2017 di Saarburg, Jerman.

Alhamdulillah...

Karya kecil ini aku persembahkan kepada
Kedua orang tua dan adik-adikku tercinta,
yang selalu memberikan dukungan dan doa,
Sahabat dan teman yang selalu memberikan semangat.

PERNYATAAN KEASLIAN TA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa	: Dwi Tresna Choirul Yusuf
NIM	: 135100301111069
Jurusan	: Teknologi Industri Pertanian
Fakultas	: Teknologi Pertanian
Judul TA	: Manajemen Risiko Proses Produksi Gula Menggunakan Metode <i>Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) dan <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Pada PG Kebon Agung, Malang

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 25 Januari 2017
Pembuat Pernyataan,

Dwi Tresna Choirul Yusuf
NIM. 135100301111069

RINGKASAN

Gula tebu dihasilkan dari air tebu yang dikristalisasi dengan suhu 96-99⁰C sehingga warna agak menjadi coklat kekuning-kuningan gula hasil kristalisasi ini disebut dengan gula pasir. Peningkatan populasi penduduk berbanding lurus dengan meningkatnya permintaan gula, dimana masyarakat sebagai konsumen selalu menginginkan produk gula yang baik untuk dikonsumsi. Produsen gula tersebar di beberapa wilayah di Indonesia, salah satu produsen gula Kristal putih ialah PG Kebon Agung, Malang Jawa Timur. Kualitas produk sangat erat kaitannya dengan efisiensi kegiatan produksi di PG Kebon Agung, Malang Jawa Timur. Terdapat beberapa risiko yang dapat mempengaruhi kegagalan dalam proses produksi gula Kristal putih. Berdasarkan hal tersebut, maka dibutuhkan analisis risiko untuk mengetahui kemungkinan kegagalan yang dapat mempengaruhi proses produksi yang berdampak pada kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas risiko yang terjadi pada proses produksi gula Kristal putih dan menentukan strategi mitigasi risiko untuk penanganan risiko yang paling berpengaruh di PG Kebon Agung.

Metode yang digunakan untuk penilaian risiko proses produksi gula adalah metode *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. *Fuzzy FMEA* digunakan untuk mengukur risiko, kemudian diperoleh tingkat prioritas risiko pada tiap kepentingan. Setelah mengetahui potensi risiko yang paling berpengaruh, maka dibutuhkan penentuan strategi penanganan risiko menggunakan *FuzzyAHP (Analytical Hierarchy Process)*. Metode FAHP digunakan sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan untuk menentukan prioritas kriteria yang akan dipilih. Hasil dari metode FAHP berupa alternatif solusi yang diharapkan dapat membantu perusahaan dalam meminimalisir risiko.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 18 kejadian risiko teridentifikasi. Berdasarkan perhitungan yang memiliki nilai FRPN

tertinggi diatas nilai rata-rata agregat ditemukan 5 resiko prioritas. Prioritas strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih di PG Kebon Agung yaitu faktor material karena memiliki bobot tertinggi dengan nilai 0,353. Strategi yang digunakan pada material yaitu pengendalian mutu bahan baku 0,375. Strategi yang digunakan pada sumberdaya manusia yaitu pelatihan tenaga kerja rutin dengan bobot 0,423. Strategi yang digunakan pada mesin yaitu penjadwalan perawatan mesin dengan bobot 0,479.

Kata Kunci: Gula, *Fuzzy* AHP, *Fuzzy* FMEA, Penilaian Risiko

SUMMARY

Cane sugar is made from cane water which crystalized with 96-99°C temperature so the colour become brown yellowish sugar after crystalized called sugar. The population increase is directly proportional to the demand for sugar, in which people as consumers always want good sugar to be consumed. Sugar producers are spread in several regions in Indonesia, one of them is PG Kebon Agung, Malang East Java. Product quality is closely related to the efficiency of production activities in PG Kebon Agung, Malang East Java. There are some risk that affect failure in production process of cane sugar. Based on these reason, so we need to analyze risk to know the possibility of failure that may affect the production process that impact on product quality. This research aims to determine the priority risk that occur in cane sugar production process and determine risk mitigation strategy for mitigate the most significant risk in PG Kebon Agung.

The method used for risk assessment in cane sugar production process was Fuzzy FMEA method (Failure Mode and Effect Analysis). Fuzzy FMEA is used to measure risk, then the risk level of each interest is obtained. After know the potential of the most influential risk, it is necessary to determine risk management strategy using Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process). Fuzzy AHP used for making decision to determine priority criteria to be selected. The results of the FAHP method is an alternative solution that is expected to help companies in minimizing risk.

The results showed 18 identified risk occurred. Based on the calculation that has the highest FRPN value above the aggregate average value found 5 priority risk. Priority of risk mitigation strategy of white crystal sugar production process at PG Kebon Agung is material factor because it has the highest weight with value 0,353. The strategy used in the material is the quality control of 0.375 raw materials. Strategy used in human resources that is training of

routine worker with weight 0,423. The strategy used in the machine is scheduling machine maintenance with a weight of 0.479.

Keywords: *Fuzzy AHP , Fuzzy FMEA, Risk assessment, Sugar*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. berjudul “Manajemen Risiko Proses Produksi Gula Menggunakan Metode *Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis (Fuzzy-FMEA)* dan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy-AHP)* di PG. Kebon Agung Malang”. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Imam Santoso, MP. dan Dhita Morita Ikasari, STP., MP. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
2. Sucipto STP., MP. selaku ketua jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
3. PG. Kebon Agung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian tugas akhir.
4. Keluarga tercinta Ibu, Bapak serta adik-adik yang selalu memberi doa dan motivasi kepada penulis.
5. Teman-teman TIP 2013 lainnya yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan, referensi, dan pengalaman dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran sangat dibutuhkan agar skripsi ini lebih baik. Akhirnya harapan penulis semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 25 Januari 2018
Penulis,

Dwi Tresna Choirul Yusuf

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TA	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gula.....	5
2.2 Proses Produksi Gula	6
2.3 Manajemen Risiko	8
2.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	10
2.5 <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	11
2.6 Logika <i>Fuzzy</i>	13
2.7 Penelitian Terdahulu	14
III. METODE PELAKSANAAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	17
3.2 Batasan Masalah	17
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Survey Pendahuluan.....	19
3.3.2 Identifikasi Masalah	19
3.3.3 Studi Literatur	19
3.3.4 Identifikasi Variabel.....	19
3.3.5 Pengumpulan Data	20
3.3.6 Penentuan Panelis Ahli.....	21
3.3.7 Penyusunan Kuisisioner	21
3.3.8 Analisis Data.....	22

3.3.9 Kesimpulan dan Saran.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Gambaran Umum Pabrik Gula Kebon Agung	35
4.2 Analisis Kondisi Proses Produksi Gula	35
4.3 Identifikasi Risiko Proses Produksi.....	39
4.4 Pengukuran Risiko Proses Produksi	46
4.4.1 Perhitungan Agregasi Nilai S, O, D	47
4.4.2 Perhitungan Bobot Kepentingan Dan Agregasi Faktor S, O, D	48
4.4.3 Perhitungan Nilai FRPN	49
4.5 Mitigasi Risiko Proses Produksi	51
4.5.1 analisis prioritas variabel minimasi risiko proses produksi ..	58
4.5.2 analisis prioritas strategi minimasi risiko proses produksi ...	60
4.6 Implikasi Manajerial.....	63
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Gula Kristal Putih	6
Tabel 2.2 Penilaian Kriteria <i>Analytical Hierarchy Process</i>	12
Tabel 3.1 Risiko Proses Produksi Gula.....	20
Tabel 3.2 Kriteria Penilaian <i>Severity</i>	23
Tabel 3.3 Kriteria Penilaian <i>Occurance</i>	24
Tabel 3.4 Kriteria Penilaian <i>Detection</i>	24
Tabel 3.5 <i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Severity</i>	25
Tabel 3.6 <i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Occurance</i>	26
Tabel 3.7 <i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Detection</i>	26
Tabel 3.8 <i>Fuzzy Weight</i> untuk Kepentingan Relatif Faktor-Faktor Risiko.....	26
Tabel 3.9 Matriks Perbandingan	28
Tabel 3.10 <i>Random Index</i>	30
Tabel 3.11 Skala Linguistik untuk Kepentingan Relatif	31
Tabel 3.12 Contoh Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy</i>	31
Tabel 4.1 Risiko Teridentifikasi Proses Produksi Gula.....	39
Tabel 4.2 Rata-Rata Nilai Agregasi nilai S, O dan D.....	47
Tabel 4.3 Rata-rata nilai agregasi nilai S,O,D	49
Tabel 4.4 Nilai FRPN.....	50
Tabel 4.5 Mitigasi Risiko Proses Produksi Gula Kristal Putih	53
Tabel 4.6 Downtime komponen mesin HDS	54
Tabel 4.7 Rasio Konsistensi Responden	56
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Faktor Risiko Produksi Gula Kristal Putih	58
Tabel 4.9 Nilai Faktor Prioritas Penentu Strategi Mitigasi	59
Tabel 4.10 Nilai Bobot Alternatif Strategi Pada Manusia.....	60
Tabel 4.11 Nilai Bobot Alternatif Strategi Pada Mesin.....	61
Tabel 4.12 Nilai Bobot Alternatif Strategi Pada Material.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Proses Pembuatan Gula	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Penelitian	18
Gambar 4.1	Produksi Gula Kristal Putih	38
Gambar 4.2	Struktur Hierarki AHP	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kuesioner <i>Fuzzy</i> FMEA	72
Lampiran 2	Kuesioner Bobot Faktor, Bilangan <i>Fuzzy</i>	82
Lampiran 3	Kuesioner <i>Fuzzy</i> AHP	83
Lampiran 4	Hasil Kuesioner Responden	86
Lampiran 5	Perhitungan Rata-rata Geometri	95
Lampiran 6	Perhitungan Pembobotan Strategi Mitigasi Risiko	96
Lampiran 7	Struktur Organisasi PG Kebon Agung	101
Lampiran 8	Alur Proses Produksi Gula	102

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki potensi tinggi pada sektor pertanian dan perkebunan. Sektor perkebunan memberikan peranan cukup besar dalam perekonomian di Indonesia. Salah satu hasil dari sektor perkebunan yang merupakan salah satu bahan pemanis alami dapat diperoleh dari gula. Gula (gula pasir) merupakan salah satu sumber bahan pemanis utama. Gula telah digunakan secara luas dan dominan baik untuk keperluan konsumsi rumah tangga maupun bahan baku industri pangan. Realita ini terjadi karena di satu sisi gula mengandung kalori sehingga dapat menjadi alternatif sumber energi dan di sisi lain gula digunakan sebagai bahan pengawet dan tidak membahayakan kesehatan pemakainya (Sugiyanto, 2007).

Tingkat pertumbuhan penduduk Indonesia pada kurun waktu satu dekade ini sekitar 1,49% per tahun. Peningkatan populasi penduduk tersebut berbanding lurus dengan meningkatnya permintaan gula, dimana masyarakat sebagai konsumen selalu menginginkan produk gula yang berkualitas baik untuk dikonsumsi. Kebutuhan gula nasional baik untuk konsumsi langsung rumah tangga maupun industri akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk. Pada tahun 2015 kebutuhan gula nasional mencapai 5,82 juta ton. Pemenuhan kebutuhan dari stok gula dalam negeri 3,317 juta ton, sisanya berasal dari impor sebesar 2,502 juta ton (BPS, 2016). Untuk memenuhi kebutuhan gula tersebut diupayakan melalui program swasembada gula nasional.

PG Kebon Agung merupakan salah satu produsen gula yang ada di Malang. PG Kebon Agung merupakan salah satu cabang dari PT Kebon Agung yang berpusat di Surabaya, sementara cabang lainnya yaitu PG Trangkil yang berada di Pati Jawa Tengah. PG Kebon Agung memiliki kapasitas produksi mencapai 5.750 TTH. Proses produksi gula dilakukan setiap musim giling setahun sekali selama bahan baku tersedia dan panen raya. Meningkatnya permintaan gula dari tahun ke tahun menyebabkan PG Kebon Agung harus menerapkan proses produksi yang efektif dan efisien. Tuntutan kondisi pasar menuju pasar global memberikan tantangan dan peluang bagi PG Kebon Agung sebagai pemegang peranan

penting dalam usaha memperoleh produk gula yang berkualitas baik.

Usaha yang dilakukan agar dapat menghasilkan gula yang berkualitas tidak selamanya berjalan lancar. Adapun faktor yang menyebabkan buruknya kualitas gula adalah kesalahan pada proses produksi. Kesalahan prosedur tersebut seperti bahan baku, masalah mesin, masalah penyimpanan *work in process*, sehingga diperlukan suatu konsep manajemen risiko. Pada tiap musim giling mesin berjalan secara terus menerus selama sehari penuh. Hal ini menimbulkan peluang terjadinya resiko yang mungkin muncul pada saat proses produksi. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi faktor risiko, penilaian faktor risiko dan usaha mitigasi pada faktor-faktor risiko yang ada di PG Kebon Agung.

Model identifikasi risiko memetakan karakteristik dan sumber risiko yang menjadi pemicu risiko yang mempengaruhi efektifitas dan efisiensi proses produksi. Manajemen risiko proses produksi telah menjadi kebutuhan bagi perusahaan saat ini. Metode *fuzzy* FMEA adalah suatu metode yang sistematis dalam mengidentifikasi dan mencegah masalah yang terjadi pada produk dan proses produksi (Mc Dermot, 2009). Dengan melakukan metode *fuzzy* FMEA ini, perusahaan dapat menentukan proses mana yang harus diprioritaskan untuk diberikan solusinya secara bertahap sehingga dapat meminimalkan terjadinya kegagalan dalam proses produksi. Oleh sebab itu maka perusahaan perlu menerapkan metode ini agar dapat meningkatkan kualitas pada produksinya sehingga dapat memuaskan konsumen (Rusmiati, 2012).

Metode FMEA dapat digunakan untuk mengetahui poin potensial dari suatu proses dan mengetahui efek yang terjadi untuk proses berikutnya. Metode ini juga sangat teliti dalam melakukan analisa kecacatan dan dapat mengetahui angka prioritas untuk melakukan perbaikan. Selain itu, alasan menggunakan metode FMEA diantaranya untuk mencegah terjadinya kegagalan dibandingkan memperbaiki kegagalan, meningkatkan peluang untuk mendeteksi risiko kegagalan, mengidentifikasi penyebab kegagalan terbesar dan mengeliminasinya, mengurangi peluang terjadinya risiko dan membangun kualitas produk dan proses produksi.

Dengan menerapkan *fuzzy* FMEA maka perusahaan dapat meningkatkan keamanan, kualitas dan keandalan perusahaan, nama baik perusahaan, kepuasan konsumen, biaya pengembangan

yang lebih murah. Dalam mengidentifikasi risiko juga diperlukan membuat keputusan dari sumber kerumitan masalah yang dikarenakan faktor ketidakpastian atau ketidaksempurnaan informasi saja, sehingga diperlukan metode *Fuzzy AHP*, yang berguna dalam menyusun prioritas dari berbagai alternatif yang bersifat konsisten dan logis serta mempertimbangkan hubungan antar kriteria dan digunakan pendekatan *fuzzy* karena adanya informasi dan data yang tidak lengkap serta subjektivitas dari para ahli.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini berdasarkan latar belakang adalah:

1. Apa saja risiko pada produksi gula di PG Kebon Agung ?
2. Apa risiko utama yang mempengaruhi proses produksi gula di PG Kebon Agung dan bagaimana penanggulangan risiko tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan permasalahan adalah:

1. Menentukan dan mengidentifikasi risiko yang ada pada proses produksi gula di PG Kebon Agung.
2. Menentukan risiko utama pada produksi gula di PG Kebon Agung menggunakan metode *fuzzy FMEA* dan *fuzzy AHP* serta memberikan saran perbaikan pada risiko utama.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan PG Kebon Agung dapat memberikan informasi mengenai risiko yang mungkin terjadi dan saran perbaikan sehingga dapat mengurangi risiko tersebut dan dapat memperoleh *output* yang lebih baik.
2. Untuk mahasiswa dapat memberikan informasi dalam forum diskusi pemecahan masalah yang berkaitan dengan risiko pada gula.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gula

Dalam kehidupan sehari-hari gula dikenal sebagai bahan makanan pokok. Sumber utama gula adalah berbagai macam tanaman, yang dapat digolongkan sebagai penghasil gula antara lain: tebu, beet, kelapa, aren. Untuk daerah tropis tebu merupakan tanaman utama penghasil gula. Tebu mengandung hidrokarbon yang terjadi dalam tanaman karena proses fotosintesa. Karbohidrat-karbohidrat ini terdiri dari glukosa, fruktosa, sakharosa dan selulosa (Santoso, 2016). Gula tebu berwarna putih namun ada pula yang berwarna coklat (*raw sugar*). Disebut gula pasir karena bentuknya yang seperti pasir. Biasanya gula pasir digunakan untuk pemanis dalam minuman, kue, makanan dll (Ferlianto, 2008).

Pembuatan gula dari tebu adalah proses pemisahan sakharosa yang terdapat dalam batang tebu dari zat-zat lain seperti air, zat organik, sabut. Pembuatan gula pasir tebu ini memerlukan beberapa tahapan dan proses kimia serta mekanis. Pemisahan dilakukan secara bertingkat dengan cara tebu digiling dalam beberapa mesin penggiling sehingga diperoleh cairan yang disebut nira. Secara umum proses pembuatan tebu adalah pemerahan (gilingan), pemurnian, penguapan, pengkristalan, pengeringan (Santoso, 2016).

Kriteria kualitas gula putih berdasarkan SNI 01-3140.3-2001 terbagi menjadi 3 grade atau kelas yaitu GKP 1, GKP 2 dan GKP 3. Spesifikasi persyaratan kualitas gula Kristal putih berdasarkan SNI disajikan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1. Syarat Mutu Gula Kristal Putih

No	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
1	Warna			
1.1	Warna Kristal	CT	4,0-7,5	7,6-10,0
1.2	Warna larutan (ICUMSA)	IU	81-200	201-300
2	Besar jenis butir	Mm	0,8-1 , 2	0,8-1 , 2
3	Susut pengeringan	"Z"	Maks 0,1	Maks 0,1
4	Polarisasi abu konduktiviti	%	Min 99,6	Min 99,5
5			Maks 0,10	Maks 0,15
6	Bahan tambahan pangan			
6.1	Belarang dioksida (SO ₂)	Mg/Kg	Maks 30	Maks 30
7	Cemaran Logam			
7.1	Timbal (Pb)	Mg/Kg	Maks 2	Maks 2
7.2	Tembaga (Cu)	Mg/Kg	Maks 2	Maks 2
7.3	Arsen (As)	Mg/Kg	Maks 1	Maks 1

Sumber: SNI 3140.3:2010

Dari kedua kriteria Gula Kristal Putih (GKP) diatas yang memiliki kualitas paling baik adalah kualitas kriteria GKP 1, kemudian GKP 2. Jika gula diproduksi tidak masuk dalam kriteria GKP 1 dan GKP 2 maka gula tidak layak dipasarkan. Gula yang tidak sesuai standar ini kemudian menjalani proses produksi ulang.

2.2 Proses Produksi Gula

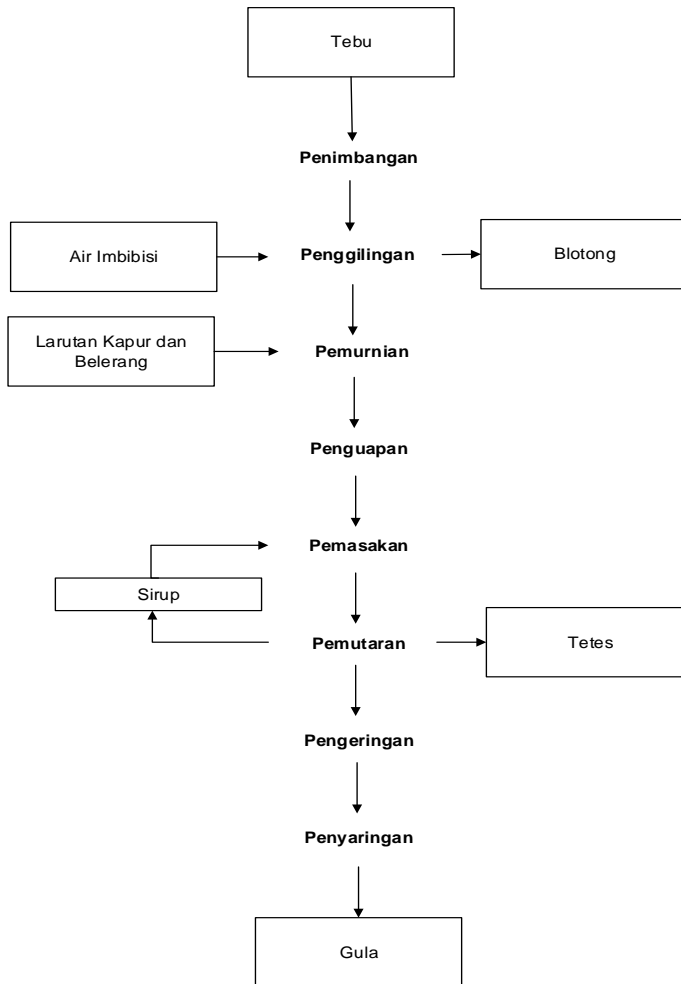
Produksi adalah suatu kegiatan atau proses yang mentransformasikan masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*). Istilah produksi dipergunakan dalam organisasi yang menghasilkan keluaran atau *output* berupa barang maupun jasa. Proses produksi merupakan rangkaian dari proses penyiapan bahan baku atau material. Dengan pengertian ini, produksi dimaksudkan sebagai kegiatan pengolahan dalam pabrik. Hasil – hasil produksinya dapat berupa barang industri (Fuad, dkk, 2006). Sumber daya utama yang digunakan perusahaan dalam proses produksi adalah karyawan, bahan baku dan sumber daya lain (Madura, 2007).

Proses produksi merupakan suatu sistem yang berawal dari *input*, proses, *output* dan *outcome*. Menurut Tinaprilia (2007) salah satu komponen penting dalam suatu proses produksi adalah bahan baku. Bahan baku diperlukan oleh industri baik industri besar maupun industri kecil yang setelah diolah melalui beberapa tahapan proses diharapkan menjadi barang jadi (*finished goods*). Produksi dapat dinyatakan sebagai seperangkat prosedur dan kegiatan yang terjadi dalam penciptaan produk dan jasa (Faqih, 2010).

Menurut Arif (2016), proses produksi merupakan cara metode dan teknik untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu produk dengan mengoptimalkan sumber daya produksi seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku, modal, metode, dan lain-lain yang dimiliki oleh perusahaan. Sistem produksi menurut proses menghasilkan *output* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu proses produksi kontinu (*Continuous Process*) dan proses produksi terputus (*Intermittent Process/ Discrete Process*).

Faktor – faktor yang memengaruhi proses produksi gula di PG kebon agung antara lain kualitas bahan baku dari petani tebu. Penjadwalan bahan baku yang kurang terorganisir dapat mempengaruhi jumlah antrian pada proses penggilingan. Manajemen perusahaan belum menerapkan regulasi terhadap petani tebu, sehingga sebagian tebu memiliki rendemen belum sesuai standar sebagai bahan baku gula. Kerusakan mesin yang menyebabkan proses produksi terhenti, akan menurunkan jumlah produksi gula. Kerusakan mesin *mill extraction* dan *boiling house recovery* menyebabkan *inefisiensi* sehingga kapasitas tidak maksimal. Perawatan mesin sebelum masa giling mempengaruhi performa mesin ketika proses produksi berlangsung (Shinta dan Pratiwi, 2011).

Proses produksi gula di PG Kebon Agung dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Alur proses pengolahan tebu menjadi gula kristal putih (PG Kebon Agung, 2015)

2.3 Manajemen Risiko

Ilmu manajemen risiko dikembangkan pada abad keenam belas, selama Renaissance. Beberapa penelitian menggunakan proses rinci untuk perencanaan spesifikasi, sementara yang lain menggunakan proses dimodifikasi untuk mengevaluasi peringkat risiko berbagai proyek. Proses manajemen risiko proyek umum

terdiri dari dua tahap utama. Tahap pertama adalah *Risk Assessment* (RA), yang meliputi identifikasi risiko dan analisis risiko. Tahap kedua adalah *Risk Response* (RR). Pada tahap identifikasi risiko, metodologi utama brainstorming, tela'ah dokumen, teknik Delphi analisis *checklist*, dan analisis asumsi. Banyak pendekatan telah diusulkan untuk mengklasifikasikan risiko. disajikan daftar faktor yang diambil dari beberapa sumber dibagi dalam hal risiko retainable oleh kontraktor, konsultan dan klien. Mereka dikelompokkan risiko dalam kategori primer dan sekunder. Digunakan breakdown struktur risiko untuk mengklasifikasikan risiko sesuai dengan asal usul dan dampak relatif mereka dalam proyek. Risiko dikategorikan sebagai "global" atau "unsur". risiko global adalah mereka yang biasanya dialokasikan melalui perjanjian proyek dan biasanya termasuk risiko politik, hukum, komersial dan lingkungan, sedangkan risiko unsur adalah mereka yang terkait dengan konstruksi, operasi, keuangan dan generasi pendapatan komponen proyek (Zegordi dkk, 2012).

Model identifikasi risiko didefinisikan sebagai memetakan karakteristik dan sumber risiko yang menjadi pemicu efektifitas dan efisiensi kinerja proses. Setelah risiko teridentifikasi, dilakukan pengukuran untuk menilai peluang risiko dan konsekuensi risiko. Selanjutnya, dilakukan evaluasi risiko untuk mengendalikan dan mengelola solusi terhadap hasil kinerja proses (Wu dan Blackhurst, 2009).

Manajemen risiko adalah proses sistematis dari perencanaan, identifikasi, analisis, pemberian respon dan pengawasan dari risiko proyek-proyek. Manajemen risiko melibatkan proses-proses, teknologi, peralatan, dan teknik-teknik tertentu yang akan membantu manajer membuat keputusan yang tepat dalam rangka memaksimalkan kemungkinan dan konsekuensi positif dan meminimalkan kemungkinan dan konsekuensi negatif dari suatu kejadian. Manajemen risiko menggarisbawahi sekurang-kurangnya 3 hal, yaitu: (i) identifikasi risiko (*risk identification*), (ii) penilaian risiko (*risk assessment*) dan (iii) mengontrol dan meminimalkan risiko (*risk minimize and control*) yang mungkin dapat terjadiselama bisnis berjalan secara sistematis (Sandhyavritri dan Niko, 2013).

Pengukuran risiko dilakukan dengan cara memperkirakan seberapa besar tingkat kerugian (kerusakan) dan probabilitas terjadinya suatu kejadian sangatlah subjektif lebih berdasarkan nalar

dan pengalaman. Beberapa risiko mudah untuk diukur, tetapi sulit untuk memastikan probabilitas suatu kejadian yang sangat jarang terjadi. Sehingga, pada tahap ini sangatlah penting untuk melakukan perkiraan terbaik, supaya nantinya dapat menentukan prioritas dalam implementasi perencanaan manajemen risiko (Kouvelis *et al.*, 2012)

2.4 Failure Mode Effect analysis (FMEA)

FMEA pertama kali diperkenalkan pada pertengahan tahun 1960-an di industri kedirgantaraan sebagai alat untuk mencegah kecelakaan keselamatan dan dari kejadian yang terjadi. Lebih terfokus pada keamanan. Pada akhir abad kedua puluh, industri otomotif AS Teknik FMEA diadopsi sebagai alat peningkatan kualitas. Seperti yang dipersyaratkan oleh ISO / TS 16949 standar, pemasok US industri otomotif harus mengadopsi teknik FMEA sebagai upaya untuk mencegah kegagalan sebelum terjadi (McDermott *et.al.*,2009). pengembangan lebih lanjut menunjukkan bahwa meningkatkan FMEA secara luas diterapkan di luar arena keselamatan (Feili *et.al.*,2013).

Metodologi FMEA juga direkomendasikan oleh standar internasional sebagai salah satu teknik analisis risiko. Dengan menerapkan metodologi ini, perusahaan dapat memiliki proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan untuk memenuhi fungsi dimaksudkan, untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan menyebabkan sehingga penyebab dapat dihilangkan, dan untuk menemukan kegagalan dampak sehingga dampak dapat dikurangi. Meskipun teknik ini tidak memerlukan statistik yang rumit seperti teknik lain, masih dapat menghasilkan penghematan yang signifikan bagi perusahaan sementara pada saat yang sama mengurangi potensi kewajiban mahal dari proses atau produk yang tidak melakukan seperti yang dijanjikan (McDermott *et.al.*,2009).

FMEA mengidentifikasi risiko kegagalan dan efek sebagai tiga faktor: tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi. *Severity* (S) menyampaikan konsekuensi dari kegagalan harus itu terjadi. Kejadian (O) mencerminkan probabilitas atau frekuensi kegagalan terjadi. Sementara deteksi (D) adalah probabilitas kegagalan yang terdeteksi sebelum dampak dari efek tersebut direalisasikan. Setiap mode kegagalan potensial dan efek

berperingkat di masing-masing tiga faktor ini pada skala mulai dari 1 sampai 10, rendah ke tinggi. Biasanya seorang analis atau ahli diminta untuk menetapkan skor tersebut. tingkat risiko dari komponen, proses, atau produk diperoleh dengan mengalikan S, O, D skor, yang disebut sebagai Risk Priority Number (RPN)(McDermott *et.al.*,2009). Tahap untuk mendapatkan output fuzzy, diperlukan empat tahap, yaitu (Yen dan Hsieh, 2007):

1. Susun fungsi keanggotaan *fuzzy*
2. Buat aturan berbasis logika *fuzzy*
3. Lakukan proses inferensi *fuzzy*
4. Tahap *defuzzyfikasi*

Meminta seorang analis atau ahli untuk menetapkan nilai mulai dari 1 sampai 10 (seperti yang diminta untuk mendapatkan RPN) untuk faktor yang berbeda dianggap akan menghasilkan kesan palsu dan tidak realistis. Wang *et.al.*(2009) juga menyatakan bahwa justru evaluasi S, O, dan skor D mungkin tidak realistis dalam aplikasi nyata. Meskipun metode ini menyederhanakan perhitungan, mengubah probabilitas ke dalam sistem scoring lain, dan kemudian menemukan perkalian skor faktor yang diyakini menyebabkan masalah. Hubungan antara probabilitas dan faktor dapat berbeda (linear atau nonlinear)(Kumru dan Kumru, 2012).Langsung mengadopsi metodologi ini bisa disebut sebagai pelaksana FMEA tradisional.

2.5 AHP

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan metode penggabungan kekuatan dari perasaan dan logika yang bersangkutan pada berbagai persoalan, lalu mensintesis berbagai pertimbangan yang beragam menjadi hasil yang cocok dengan perkiraan kita secara intuitif sebagaimana yang dipresentasikan pada pertimbangan yang telah dibuat (Sumiati, 2007). Model AHP pendekatannya hampir identik dengan model perilaku politik, yaitu merupakan model keputusan (individual) dengan menggunakan pendekatan kolektif dari proses pengambilan keputusannya. Adakalanya timbul masalah keputusan yang dirasakan dan diamati perlu diambil secepatnya, tetapi variasinya rumit sehingga datanya tidak mungkin dicatat secara numerik, hanya secara kualitas saja yang dapat diukur, yaitu berdasarkan persepsi pengalaman dan intuisi. Namun tidak menutup kemungkinan, bahwa model – model

lain ikut dipertimbangkan pada saat proses pengambilan keputusan dengan pendekatan AHP, khususnya dalam memahami para pengambil keputusan individual pada saat penerapan pendekatan ini (Yahya, 2015)

Adapun keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dalam memecahkan suatu persoalan yang kompleks, yaitu Kesatuan, kompleksitas, saling ketergantungan, penyusun hierarki, pengukuran dan konsistensi (Wirdianto, 2013). Menurut Sudaryono (2010), dalam menyelesaikan permasalahan dengan AHP ada beberapa prinsip yang harus dipahami, diantaranya adalah :

1. Membuat hierarki

Sistem yang kompleks bisa dipahami dengan memecahnya menjadi elemen-elemen pendukung, menyusun elemen secara hierarki dan menggabungkannya

2. Penilaian kriteria dan alternatif

Kriteria dan alternatif dilakukan dengan perbandingan berpasangan. Untuk berbagai persoalan skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik untuk mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty bisa diukur menggunakan tabel analisis seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penilaian Kriteria *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikannya dibandingkan dengan i.

Sumber : Sudaryo, (2010)

3. Menentukan prioritas

Untuk setiap kriteria dan alternatif, perlu dilakukan perbandingan berpasangan. Nilai-nilai perbandingan relatif dari

seuruh alternatif kriteria bisa disesuaikan dengan *judgement* yang telah ditentukan untuk menghasilkan bobot dan prioritas. Bobot dan prioritas dihitung dengan memanipulasi matriks atau melalui penyelesaian persamaan matematika.

4. Konsistensi logis

Konsistensi memiliki dua makna. Pertama objek-objek yang serupa bisa dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi. Kedua, menyangkut tingkat hubungan antar objek yang didasarkan pada kriteria tertentu.

2.6 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu alat untuk mengubah ketidakjelasan suatu peristiwa dengan mengaplikasikan rumus matematika dalam penyelesaiannya, serta menyediakan representasi konsep pengukuran ketidakpastian (Yang dkk, 2008). Dalam teori logika *fuzzy* sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun beberapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada besar keanggotaan yang dimiliki. Menurut Sarinah dan Taufik (2010) dalam logika *fuzzy* terdapat empat buah elemen dasar, yaitu :

1. basis kaidah (*rule base*) , yang berisi aturan aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar untuk mengukur secara kualitatif besarnya magnitude risiko dan peubah risiko dalam performansi *time* , *cost* dan *quality*.
2. Mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*)
3. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*) yang mengubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran *fuzzy*
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*) yang mengubah besaran *fuzzy* hasil dari inference engine, menjadi besaran tegas (*crisp*).

Logika *fuzzy* memiliki banyak aplikasi praktis, tetapi melibatkan operasi yang rumit. Konsep bilangan *fuzzy* berasal dari fakta bahwa banyak fenomena kualitatif di dunia nyata tidak dapat dinyatakan dengan angka yang tepat dan pasti. Dalam aplikasi, seringkali mudah untuk bekerja dengan segitiga dan trapezium bilangan *fuzzy* karena kesederhanaan komputasi mereka dan karena mereka berguna dalam mempromosikan representasi dan pengolahan informasi dalam lingkungan *fuzzy*. Pendekatan prioritas *fuzzy*, yang awalnya diperkenalkan oleh Mikhailov, telah digunakan

dalam banyak studi. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan pendekatan lain *fuzzy-AHP*. Yang paling penting dari keunggulan ini adalah pengukuran indeks konsistensi untuk pasangan-bijaksana matriks perbandingan *fuzzy*. Pada metode *Fuzzy-AHP* lain, tidak mungkin untuk menentukan rasio konsistensi kabur berpasangan matriks perbandingan tanpa melakukan studi tambahan (Zegordi *et.al.*, 2012).

Pada logika *fuzzy* terdapat tahapan operasional yaitu meliputi:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses pengubahan nilai tegas yang ada ke dalam fungsi keanggotaan.

2. Penalaran (*Inference Machine*)

Proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak dipakai adalah penalaran max-min. Dalam penalaran ini, proses pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi min sinyal keluaran lapisan fuzzifikasi, yang diteruskan dengan operasi max untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan difuzzifikasikan sebagai bentuk keluaran.

3. Aturan Dasar (*Rule Base*)

Aturan dasar (*rule base*) pada control logika *fuzzy* merupakan suatu bentuk aturan relasi “jika-maka” atau “if then” seperti berikut ini:

If x is A then y is B, dimana A dan B adalah linguistik *values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “x is A” disebut antecedent atau premis. Pernyataan “y is B” disebut consequent atau kesimpulan.

4. Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu.

2.7 Penelitian Terdahulu

Wessiani dan Sarwoko (2015) melakukan penelitian mengenai analisis risiko produksi pakan unggas menggunakan *fuzzy*

FMEA. Intensitas konsumsi daging ayam di Indonesia menarik permintaan produk pakan unggas. Produsen pakan ternak mencoba untuk memenuhi permintaan yang lebih tinggi ini. Lini produksi menjadi salah satu proses penting bagi keberhasilan perusahaan dalam memenuhi permintaan. Potensi kegagalan yang mengancam stabilitas dan kontinuitas proses produksi harus diminimalkan. Semua potensi kegagalan dapat dianggap sebagai risiko. Memanfaatkan metodologi *fuzzy* FMEA untuk menganalisis risiko dalam proses produksi pakan unggas. Penanganan keterbatasan FMEA tradisional dalam menilai skor risiko melalui penilaian ahli diperbaiki dengan menggunakan *fuzzy logic*. Ada 89 potensi risiko produksi pakan unggas dapat diidentifikasi dengan menggunakan *fuzzy* FMEA. Upaya mitigasi diprioritaskan pada 39 risiko korektif. Analisis risiko yang akurat akan memungkinkan perusahaan untuk mengembangkan usaha dengan baik mitigasi dan mengamankan proses produksi mereka untuk memenuhi jadwal permintaan.

Shafiee (2015) FMEA digunakan produsen perakitan turbin angin untuk analisis risiko dan kehandalan. Penggunaan FMEA memiliki kelemahan dalam pelaksanaannya di lading angina lepas pantai. Usaha untuk mengatasi kelemahan ini dan meningkatkan efektivitas FMEA tradisional, dilakukan dengan *Fuzzy* FMEA untuk analisis faktor risiko dan kegagalan sistem turbin angina lepas pantai. Pada penelitian ini informasi yang diperoleh dari para ahli dinyatakan dengan *fuzzy* linguistik, dan analisis teori abu-abu yang diusulkan untuk memasukkan relative pentingnya faktor risiko ke dalam penentuan prioritas risiko. Pendekatan yang diusulkan diterapkan ke sistem turbin angina lepas pantai dengan 16 mekanik, listrik dan bantuan majelis, lalu hasil dibandingkan dengan FMEA tradisional. Keuntungan dari teori dasar dan abu-abu aturan kabur yang diusulkan pendekatan untuk aplikasi untuk FMEA sistem turbin angin lepas pantai dapat diringkas sebagai berikut. Pendekatan usulan *fuzzy* FMEA menyediakan kerangka terorganisir untuk menggabungkan pengetahuan kualitatif dan kuantitatif untuk digunakan dalam studi FMEA. Pendekatan usulan *fuzzy* FMEA dapat berguna ketika kegagalan data tidak tersedia atau tidak dapat diandalkan. Penggunaan istilah-istilah linguistik dalam analisis memungkinkan para ahli untuk mengekspresikan penilaian mereka lebih realistis dan karenanya meningkatkan

penerapan teknik FMEA di ladanglading lepas pantai. Bobot relative pentingnya faktor risiko harus dipertimbangkan dalam proses prioritas dari mode kegagalan, yang membuat FMEA diusulkan lebih realistis, lebih praktis dan lebih fleksibel.

Wang et al., (2009) mengembangkan FMEA sebagai alat untuk mengevaluasi risiko. Penelitian ini mengusulkan *Fuzzy FMEA* baru yang memungkinkan faktor risiko dan bobot relatif untuk dievaluasi secara linguistik dengan cara yang tepat menggunakan *fuzzy RPN*, daripada *crisp RPN* atau *fuzzy if then* untuk menetapkan prioritas mode kegagalan. Penelitian ini menghasilkan tahapan mendapatkan nilai *Fuzzy RPN*. Tahap pertama yaitu mengagregatkan opini subjektif anggota tim FMEA, dan tahap kedua yaitu menentukan *Fuzzy RPN* untuk setiap mode kegagalan. Hasil penelitian menjelaskan *Fuzzy FMEA* yang diusulkan lebih realistis, lebih praktis, dan lebih fleksibel. Faktor risiko dan bobot kepentingan relatif dievaluasi secara linguistik daripada nilai numerik yang tepat sehingga membuat penelitian mudah dilakukan. Usulan *Fuzzy FMEA* dalam penelitian ini tidak terbatas faktor S, O dan D tetapi berlaku untuk sejumlah faktor risiko lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Chavez et al., (2012) tentang penilaian kriteria dan kegiatan pertanian untuk diversifikasi tembakau menggunakan teknik *Analytical Hierarchy Process* (AHP), bertujuan untuk menilai kegiatan diversifikasi dan memberikan peringkat kegiatan diversifikasi yang berbeda pada kriteria tersebut. Pada penelitian ini dengan menggunakan AHP terdapat lima kriteria penting ketika menilai alternative kegiatan untuk produksi diversifikasi tembakau yaitu kontribusi ke laba, kesesuaian untuk kondisi biofisik, ketersediaan informasi teknis, kelayakan untuk memasarkan produk, dan kontribusi untuk perbaikan tanah. Kelayakan untuk memasarkan produk memiliki bobot yang relatif tinggi, sedangkan kriteria lain yang memiliki bobot yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa riset pasar sangat penting untuk menilai kesesuaian kegiatan pertanian saat ini dan potensi sebagai kegiatan diversifikasi untuk pertanian tembakau. Bobot yang diperoleh dari kegiatan pertanian menunjukkan bahwa kegiatan ternak dan tanaman semi-musim panas merupakan alternatif penting.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di PG Kebon Agung yang berlokasi di Jalan Pakisaji Desa Kebon Agung Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2017. Pengolahan data dilaksanakan di laboratorium Manajemen Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

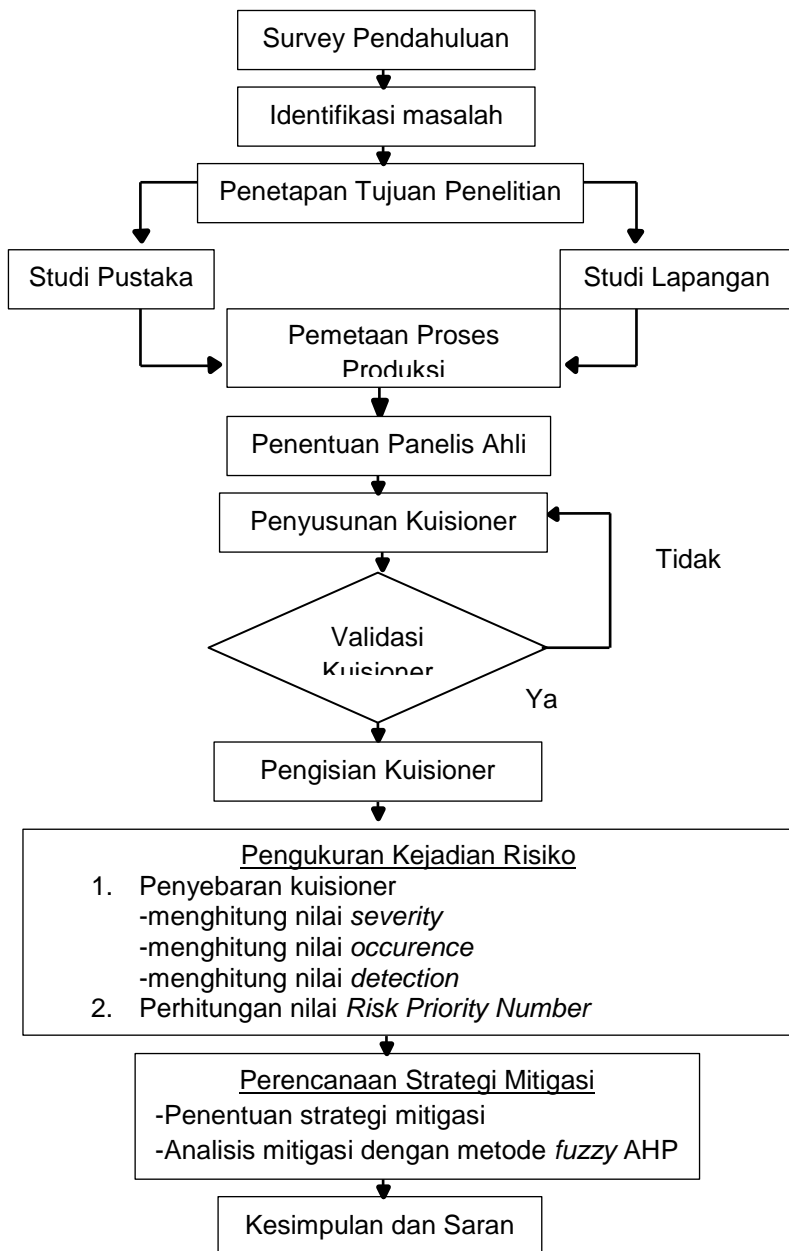
3.2 Batasan Masalah

Batasan penelitian adalah membatasi atau meringkas permasalahan permasalahan yang akan diambil dalam melakukan penelitian. Penelitian ini memiliki beberapa batasan permasalahan yang bertujuan agar penelitian tidak menyimpang terlalu jauh dari permasalahan yang akan diteliti sehingga lebih efektif dan efisien. Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Biaya kualitas tidak diperhitungkan
- b) Objek pengamatan adalah kegagalan dalam proses produksi. Dengan mempertimbangkan faktor tenaga kerja, mesin metode, material, pengukuran, dan lingkungan. Serta faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produksi adalah penggilingan, pemurnian, pemasakan, pengkristalan hingga pengemasan.
- c) Metode *fuzzy* FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) dilakukan hanya sampai mengukur kegagalan proses produksi dan *Fuzzy* AHP digunakan untuk menyusun strategi manajemen risiko kualitas proses produksi.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilaksanakan berdasarkan alur kerja pelaksanaan penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1** alur kerja pelaksanaan penelitian dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.3.1 Survei Pendahuluan

Survey pendahuluan dilaksanakan dengan pengamatan langsung di PG Kebon Agung. Kegiatan ini dilakukan dengan cara wawancara dan diskusi dengan pihak terkait untuk mengetahui jenis produk yang diproduksi, kondisi umum perusahaan tentang penerapan proses produksi gula yang dapat mempengaruhi kualitas produk, dan jenis penyimpangan yang terjadi selama proses produksi. Selain itu, selain itu survey dilaksanakan agar peneliti dapat mengetahui data awal yang dibutuhkan untuk dijadikan dasar penelitian.

3.3.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan lanjutan dari survey pendahuluan. Kegiatan ini dilaksanakan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi. Dimana dari hasil survey tersebut terdapat kendala kendala atau penyimpangan selama proses produksi gula. Tingginya cacat produk gula yang dihasilkan dapat menyebabkan kerugian terhadap produk gula. Adanya penyimpangan harus dikurangi , karena dapat menyebabkan kerugian.

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan pencarian informasi dari berbagai sumber untuk acuan pelaksanaan penelitian. Tujuannya adalah untuk memperjelas permasalahan yang dipilih dan mengetahui hasil penelitian lain yang serupa. Sumber literature yang digunakan antara lain jurnal, buku, laporan penelitian yang dapat mendukung pelaksanaan penelitian.

3.3.4 Identifikasi Variabel

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari, sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiono, 2007). Variabel penelitian adalah gejala yang nilainya bervariasi. Gejala yang nilainya selalu tetap tidak dapat digunakan sebagai variabel penelitian (Ihyaul, 2011).

Data risiko yang mungkin terjadi pada proses produksi gula di PG Kebon Agung, dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Risiko proses produksi gula PG Kebon Agung

No	Proses	Risiko
1.	Penggilingan	<ul style="list-style-type: none"> • Keterlambatan pasokan tebu • Kualitas tebu tidak sesuai standar • Kerusakan mesin <i>hammer</i> HDS • Risiko kontaminasi benda asing lainnya • Kerusakan mesin <i>carrier</i> • Korosi pada gilingan • Pemerahan kurang maksimal • Kerusakan <i>Cane cutter</i>
2.	Evaporasi	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak stabilnya suhu saat evaporasi • Banyak nira tercampur ampas • Kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tinggi dan waktu terlalu lama
3.	Pengkristalan	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran Kristal yang diluar standar • Ukuran Kristal tidak seragam • Kekentalan tidak sesuai • Kurangnya sanitasi peralatan
4.	Penyaringan	<ul style="list-style-type: none"> • Gula mengandung logam
5.	Pengemasan	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan mesin pengemas
6.	Kesehatan dan keselamatan kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Kecelakaan akibat pengoperasian mesin

Sumber: Data Primer, 2017

3.3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara dan dokumentasi. Untuk melengkapi penelitian yang berhubungan dengan obyek pembahasan, dilakukan dengan teknik pencatatan mengenai hal-hal yang erat hubungannya dengan perusahaan dan obyek pembahasan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa pihak yang dianggap berkompeten serta mewakili untuk menentukan alternative program dalam memberikan informasi kepada peneliti. Adapun variabel

sebagai objek penelitian ini yaitu kegagalan yang sering terjadi selama proses produksi gula kristal putih.

Dalam penelitian ini pengumpulan data terdiri data primer, data sekunder serta penyebaran kuesioner. Data primer diperoleh secara langsung dari responden dan dikumpulkan melalui survey lapangan pada perusahaan dengan menggunakan teknik pengumpulan data yang diperoleh secara langsung. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, baik dari buku literatur, arsip-arsip dan dokumen-dokumen yang dimiliki perusahaan. Tahap pengumpulan data yang ketiga yaitu melalui pembagian kuesioner kepada tenaga kerja unit produksi. Responden yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu berjumlah 3 orang.

3.3.6 Penentuan Panelis Ahli

Dalam penentuan panelis diambil sampel seseorang yang kritis dan telah berpengalaman di bidang produksi gula. Populasi yang digunakan dalam perhitungan jumlah sampel adalah pegawai pada departemen produksi PG Kebon Agung. Metode pengambilan sampel yang digunakan dengan pengambilan sampel non probabilistik yang merupakan cara pengambilan sampel dengan semua elemen populasi belum tentu memiliki peluang yang sama untuk dipilih menjadi anggota sampel (Umar, 2006). Adapun jumlah panelis ahli sebanyak tiga orang, dengan jabatan supervisor produksi dan manajer produksi yang memahami secara detail proses produksi gula di PG Kebon Agung.

3.3.7 Penyusunan Kuesioner

Kuesioner adalah sebuah alat pengumpulan data yang akan diolah menjadi informasi. Kuesioner dapat digunakan untuk memperoleh masukan mengenai pelayanan dan membantu menganalisis sebab akibat (Agung, 2007). Kuesioner penelitian ini hanya ditujukan kepada pihak ahli atau produsen gula kristal putih. Penyusunan kuesioner bertujuan untuk mengetahui nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* pada proses produksi. Nilai-nilai tersebut (*severity*, *occurrence*, *detection*) akan digunakan untuk memberikan penilaian terhadap risiko-risiko yang terjadi pada proses produksi.

Kuesioner ini bersifat semi terbuka, artinya pertanyaannya ada yang terbuka dan ada yang tertutup.

Kuesioner yang digunakan adalah untuk identifikasi rating *customer requirement* dan *technical requirement* berbasis penilaian ahli. Penilaian dilakukan dengan metode *pairwise comparison* yaitu analisis yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor tinjauan dengan mengevaluasi faktor manakah yang memiliki pengaruh secara signifikan (Abdi dan Lynch, 2010).

Uji validitas adalah uji yang digunakan untuk mengukur sejauh mana alat ukur mampu mengukur apa yang ingin diukur. Alat ukur dapat dianggap valid apabila mampu mengukur apa yang diinginkan. Pada penelitian ini digunakan *face validity* untuk menguji validitas dari alat ukurnya (kuesioner). Menurut Nisfiannoor (2009), hasil *face validity* dianggap valid apabila penampilan alat ukur telah memberi kesan mampu mengungkapkan hal yang diukur. *Face validity* ditentukan dengan cara melakukan wawancara dengan responden pakar.

3.3.8 Analisis Data

Metode untuk analisis data menggunakan pendekatan *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* dan *Fuzzy AHP*. Tahapan penilaian menggunakan metode FMEA yang dilaksanakan meliputi: *severity*, *occurrence*, *detection* dan *risk priority number (RPN)*.

a. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

1) Identifikasi proses produksi dan risiko pada proses produksi

Identifikasi proses produksi berisi tentang penjelasan mengenai tahapan-tahapan proses produksi gula yang dilakukan oleh PG Kebon Agung, Malang dilakukan dengan wawancara dengan asisten teknik dan pengolahan. Identifikasi proses produksi diperoleh dari survey pendahuluan maupun laporan-laporan penelitian terdahulu pada unit pabrik. Tahapan proses produksi tersebut akan dijelaskan dengan penjabaran mengenai aktivitas yang terjadi di setiap prosesnya (Darajatun, 2013).

2) *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*

Tahapan setelah mengetahui proses produksi dan aktivitasnya adalah menentukan tingkat penilaian risiko pada proses produksi dalam setiap komponennya. Penilaian tingkat risiko ini dilakukan

dengan penilaian mengenai severity, occurrence, dan detection. Penilaian terhadap severity pada proses produksi merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan atau kecacatan yang terjadi. Menurut tingkat keseriusan severity dinilai pada skala 1 sampai 10. Kriteria penilaian tingkat severity ditunjukkan pada **Tabel 3.2**. Kriteria penilaian occurrence untuk mengetahui seberapa besar potensi kegagalan proses produksi dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.2 Kriteria penilaian severity

Dampak	Tingkat Keseriusan Dampak	Peringkat
Sangat rendah	Tidak memiliki pengaruh	1
	Sistem dapat bekerja dengan gangguan kecil	2
Sedang	Sistem dapat bekerja dengan mengalami penurunan secara signifikan	4
	Sistem tidak dapat bekerja tanpa kerusakan	5
	Sistem tidak dapat bekerja dengan kerusakan kecil	6
Tinggi	Sistem tidak dapat bekerja dengan kerusakan pada peralatan	7
	Sistem tidak dapat bekerja dengan kegagalan yang merusak	8
Sangat tinggi	Sistem tidak dapat bekerja dengan kegagalan yang merusak	9
	Tingkat keparahan yang sangat tinggi tanpa adanya peringatan	10

Sumber: Wang *et al*(2009)

Occurrence adalah kemungkinan suatu penyebab akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Penilaian *occurrence* dilakukan untuk mengetahui seberapa sering kemungkinan terjadinya suatu kegagalan pada proses produksi. Sama halnya dengan penilaian *severity*, penilaian *occurrence* dilakukan dengan wawancara terhadap responden karyawan produksi. *Occurrence* (O) merupakan nilai rating disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka

kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi. Dapat ditunjukkan dalam 10 level (1 , 2, ..., 10) dari hampir tidak pernah terjadi (1) sampai yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari (10). Kriteria penilaian *detection* dapat dilihat pada **Tabel 3.4**

Tabel 3.3 Kriteria penilaian *occurence*

Peluang Kejadian Risiko	Frekuensi	Peringkat
Sangat rendah	Kegagalan dapat dieliminasi	1
Rendah	1 dalam 150000	2
	1 dalam 15000	3
Sedang	1 dalam 2000	4
	1 dalam 400	5
	1 dalam 80	6
Tinggi	1 dalam 20	7
	1 dalam 8	8
	1 dalam 3	9
Sangat tinggi	>1 dalam 2	10

Sumber: Wang *et al* (2009)

Tabel 3.4 Kriteria penilaian *detection*

Deteksi	Kemungkinan Deteksi	Peringkat
Sangat tinggi	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena setelah dicegah melalui desai solusi	1
Tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Sedang	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
Rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7
	Jarang kemungkinan pengontrol untuk menemukan potensi kegagalan	8
	Sangat jauh kemungkinan pengontrol untuk menemukan potensi kegagalan	9
Sangat rendah	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan	10

Sumber: Wang *et al* (2009)

Penilaian terhadap *detection* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan kegagalan-kegagalan tersebut dapat di deteksi dengan maksimal. *Detection* (deteksi) adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Levelnya dari 1-10, dimana angka 1 menunjukkan kemungkinan untuk lewat dari kontrol (terdeteksi) sangat kecil dan 10 menunjukkan kemungkinan lolos dari kontrol (tidak terdeteksi) adalah sangat besar

Menurut Wang *et al* (2014), Pada *fuzzy* FMEA, faktor-faktor S, O, dan D dapat dievaluasi dengan cara linguistik. Istilah linguistik dan *fuzzy number* yang akan digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor S, O, dan D ditunjukkan pada Tabel 3.5, Tabel 3.6, dan Tabel 3.7. Kepentingan relatif dari faktor-faktor S, O, dan D juga dinilai bobotnya menggunakan istilah linguistik yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.5 Fuzzy Rating untuk Severity

Rating	Severity Effect	Fuzzy Number
<i>Hazardous without warning</i> (HWOW)	Tingkat keparahan sangat tinggi tanpa peringatan.	(9, 10, 10)
<i>Hazardous with warning</i> (HWW)	Tingkat keparahan sangat tinggi dengan peringatan.	(8, 9, 10)
<i>Very High</i> (VH)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan adanya kegagalan yang merusak.	(7, 8, 9)
<i>High</i> (H)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan adanya kerusakan pada peralatan.	(6, 7, 8)
<i>Moderate</i> (M)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan adanya kerusakan kecil.	(5, 6, 7)
<i>Low</i> (L)	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa adanya kerusakan.	(4, 5, 6)
<i>Very Low</i> (VL)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan secara signifikan.	(3, 4, 5)
<i>Minor</i> (MR)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan.	(2, 3, 4)
<i>Very Minor</i> (VMR)	Sistem dapat beroperasi dengan adanya gangguan kecil.	(1, 2, 3)
<i>None</i> (N)	Tidak ada pengaruh.	(1, 1, 2)

Sumber: Wang *et al* (2014)

Tabel 3.6 *Fuzzy Rating untuk Occurrence*

Rating	Probability of Occurrence	Fuzzy Number
<i>Very High</i> (VH)	Kegagalan tidak dapat dihindari	(8, 9, 10, 10)
<i>High</i> (H)	Kegagalan yang terjadi berulang	(6, 7, 8, 9)
<i>Moderate</i> (M)	Kegagalan kadang kali terjadi	(3, 4, 6, 7)
<i>Low</i> (L)	Kegagalan relatif sedikit	(1, 2, 3, 4)
<i>Remote</i> (R)	Kegagalan tidak mungkin terjadi	(1, 1, 2)

Sumber: Wang *et al* (2014)

Tabel 3.7 *Fuzzy Rating untuk Detection*

Rating	Kemungkinan Terjadinya Deteksi	Fuzzy Number
<i>Absolute Uncertainty</i> (AU)	Tidak ada kesempatan	(9, 10, 10)
<i>Very Remote</i> (VR)	Kesempatan sangat kecil	(8, 9, 10)
<i>Remote</i> (R)	Kesempatan kecil	(7, 8, 9)
<i>Very Low</i> (VL)	Kesempatan sangat rendah	(6, 7, 8)
<i>Low</i> (L)	Kesempatan rendah	(5, 6, 7)
<i>Moderate</i> (M)	Kesempatan sedang	(4, 5, 6)
<i>Moderately High</i> (MH)	Kesempatan cukup tinggi	(3, 4, 5)
<i>High</i> (H)	Kesempatan tinggi	(2, 3, 4)
<i>Very High</i> (VH)	Kesempatan sangat tinggi	(1, 2, 3)
<i>Almost Certain</i> (AC)	Hampir pasti	(1, 1, 2)

Sumber: Wang *et al* (2014)

Tabel 3.8 *Fuzzy Weight untuk Kepentingan Relatif Faktor-Faktor Risiko*

Istilah Linguistik	Fuzzy Number
<i>Very Low</i> (VL)	(0 ; 0 ; 0,25)
<i>Low</i> (L)	(0 ; 0,25 ; 0,5)
<i>Medium</i> (M)	(0,25 ; 0,5 ; 0,75)
<i>High</i> (H)	(0,5 ; 0,75 ; 1)
<i>Very High</i> (VH)	(0,75 ; 1 ; 1)

Sumber: Wang *et al* (2014)

Menurut Wang *et al* (2014) Pada penilaian faktor-faktor *failure mode* pada FMEA dalam bentuk *fuzzy*, maka dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan nilai O, S, dan D

- b. Melakukan perhitungan agregasi penilaian peringkat *fuzzy* terhadap faktor O,S, dan D berdasarkan Persamaan (1) hingga Persamaan (3).

$$\begin{aligned}\tilde{R}_i^O &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^O = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijM}^O, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijU}^O \right) \\ \tilde{R}_i^S &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^S = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijM}^S, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijU}^S \right) \\ \tilde{R}_i^D &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^D = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijM}^D, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ijU}^D \right)\end{aligned}$$

Keterangan :,

$$\tilde{R}_i^O = (R_{iL}^O, R_{iM}^O, R_{iU}^O), \quad \tilde{R}_i^S = (R_{iL}^S, R_{iM}^S, R_{iU}^S), \quad \text{dan} \quad \tilde{R}_i^D = (R_{iL}^D, R_{iM}^D, R_{iU}^D)$$

merupakan nilai agregat dari kejadian, dampak dan deteksi yang berpotensi memiliki risiko dalam rantai pasok atau biasa disebut dengan *failure mode* (FM).

- c. Melakukan perhitungan agregasi bobot kepentingan untuk faktor O,S, dan D berdasarkan Persamaan (4) hingga Persamaan (6).

$$\begin{aligned}\tilde{w}^O &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^O = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jL}^O, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jM}^O, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jU}^O \right) \\ \tilde{w}^S &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^S = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jL}^S, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jM}^S, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jU}^S \right) \\ \tilde{w}^D &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^D = \left(\sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jL}^D, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jM}^D, \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_{jU}^D \right)\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\tilde{w}^O = (w_L^O, w_M^O, w_U^O), \quad \tilde{w}^S = (w_L^S, w_M^S, w_U^S), \quad \tilde{w}^D = (w_L^D, w_M^D, w_U^D)$$

merupakan nilai agregat dari bobot *fuzzy* untuk tiga risiko faktor yaitu kejadian (O), dampak (S) dan deteksi (D).

- d. Menentukan *fuzzy risk priority number* (FRPN) untuk setiap model *failure* (kegagalan) berdasarkan Persamaan (7).

$$FRPN_i = (\tilde{R}_i^O)^{\tilde{w}^O} \times (\tilde{R}_i^S)^{\tilde{w}^S} \times (\tilde{R}_i^D)^{\tilde{w}^D}$$

- e. Perankingan berdasarkan nilai FRPN, dimana nilai FRPN terbesar merupakan ranking yang teratas. Hasil FRPN digunakan untuk mewakili prioritas untuk tindakan koreksi dengan skala 1-1000, yang dikategorikan ke dalam sembilan kelas interval ditunjukkan pada Tabel 3.8. Pada hasil penelitian yang diperoleh disesuaikan dengan nilai FRPN.

c. Analisis metode *Fuzzy AHP*

Setelah mendapatkan hasil penilaian potensi risiko terbesar pada lingkup proses produksi gula, maka selanjutnya dilakukan penentuan strategi mitigasi untuk mengurangi dampak risiko yang ditimbulkan. Peneliti akan mengusulkan beberapa strategi alternatif untuk mengurangi dampak dari risiko potensial secara realistis. Langkah-langkah dalam menentukan strategi risiko dengan menggunakan AHP sebagai berikut :

1. Merumuskan masalah dari risiko tertinggi dan menentukan tujuan, faktor, dan alternatif strategi dalam usaha minimasi risiko yang terjadi. Tujuan, faktor, dan strategi yang digunakan berdasarkan permasalahan yang ada di PG Kebon Agung.
2. Menyusun matrik pendapat individu (MPI) dari masing-masing pakar, matrik hasil perbandingan berpasangan yang mempresentasikan tingkat kepentingan anatr kriteria berdasarkan skala prefensi AHP. Data yang bersifat kualitatif dapat kuantitatifkan dengan menggunakan skala penilaian perbandingan pasangan.
3. Menyusun matriks pendapat gabungan (G) dari masing-masing pakar. Elemen-elemen matriknya berasal dari rata-rata geometrik elemen-elemen matriks pendapat individu. Tabel matriks perbandingan dapat dilihat pada **Tabel 3.9**.

Tabel 3.9 Matriks Perbandingan

Goal	X1	X2	X3
X1	1		
X2		1	
X3			1

Sumber : Marimin, 2010

4. Menyusun prioritas elemen-elemen keputusan pada tingkat hierarki keputusan. Tahapan perhitungan yang dilakukan yaitu:

- a. Perkalian baris dari masing-masing matriks
- b. Menentukan nilai *Vector Eigen* (EV) dengan persamaan (8).

$$E_{vj} = \bar{X}_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i^{f_i}}$$

(8)

Keterangan:

\bar{X}_g = rata-rata geometrik

n = banyak data (total responden)

X_i = skor yang diberikan atau besar data

f_i = jumlah responden yang memilih skor X_i

Apabila diperhatikan, ternyata vektor eigen (EV) merupakan rata-rata geometri dari unsur-unsur matrik tiap baris.

- c. Perhitungan Vektor Prioritas (VP)

Vektor prioritas pada dasarnya merupakan EV yang telah disesuaikan, dimana VP baris merupakan rasio EV tiap baris terhadap jumlah total EV. Jadi nilai VP merupakan presentase dari EV sehingga jumlah seluruh VP adalah 100%. VP tiap baris diperoleh dengan rumus:

$$VP_i = \frac{E_{vi}}{\sum E_{vi}}$$

(9)

Semakin tinggi nilai VP, maka semakin tinggi prioritasnya.

- d. Menentukan konsistensi maksimum (λ maks) pada AHP bertujuan untuk melihat penyimpangan konsistensi suatu matriks λ maks diperoleh dari hasil perkalian jumlah kolom 1 dengan vektor prioritas baris 1, jumlah kolom kedua dikalikan dengan vektor prioritas baris 2, dan seterusnya, kemudian dijumlahkan atau dengan rumus:

$$\lambda \text{ maks} = \sum (\text{jumlah kolom ke } j \times VP_i \text{ untuk } i = j)$$

(10)

λ maks selalu lebih besar daripada ukuran matriks (n), semakin dekat λ maks dengan nilai n maka nilai observasi dalam matriks semakin konsisten.

- e. Perhitungan indeks konsistensi atau *consistency index* (CI), yang bisa dirumuskan dengan:

$$CI = \frac{\lambda \text{ maks} - n}{n - 1}$$

(11)

Keterangan:

CI = indeks konsistensi

λ maks = nilai eigen terbesar dari matrik berordo n

n = banyaknya elemen

Semakin nilai CI mendekati nilai 0, maka semakin konsisten suatu observasi.

- f. Perhitungan Ratio Konsistensi atau *consistency ratio* (CR), dengan rumus:

$$CR = CI/RI$$

(12)

Keterangan:

CR = *Consistency Ratio* (ratio konsistensi)

CI = *Consistency Index* (indeks konsistensi)

RI = *Random Index* (indeks acak)

Kosistensi hirarki dapat diketahui jika nilainya lebih dari 10%, maka penilaian data *judgment* harus diperbaiki. Namun, jika rasio kosistensi (CI/CR) kurang atau sama dengan 0,1 maka hasil perhitungan bisa dinyatakan benar (Kusrini, 2007). Jadi jika nilai CR kurang dari 0,1 dianggap baik sedangkan jika lebih dari 0,1 perlu melakukan pengisian ulang untuk menjawab pertanyaan dalam kuisioner. Nilai RI merupakan nilai random indeks yang dapat dilihat pada **Tabel 3.10**.

Tabel 3.10 *Random Indexs (RI)*

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: Isik, 2007

Selanjutnya analisis data dengan menggabungkan perhitungan AHP dengan *Fuzzy*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut (Adnyana, 2016):

1. Matriks Perbandingan Berpasangan *Fuzzy*

Triangular Fuzzy Number (TFN) merupakan teori himpunan *Fuzzy* membantu dalam pengukuran yang berhubungan dengan penilaian subjektif dengan memakai bahasa linguistik. Inti dari *Fuzzy* AHP terletak pada perbandingan berpasangan yang digambarkan dengan skala rasio yang berhubungan dengan skala *Fuzzy*. Skala linguistik *Fuzzy* dan AHP dapat dilihat pada **Tabel 3.11**.

Tabel 3.11 Skala Linguistik untuk Kepentingan Relatif

Skala AHP	Variabel Linguistik	Skala Bilangan Fuzzy
1	Sama Penting	(1,1,3)
3	Sedikit Lebih Penting	(1,3,5)
5	Lebih Penting	(3,5,7)
7	Sangat Penting	(5,7,9)
9	Paling Penting	(7,9,11)

Sumber: Gupta, *et al* (2014)

Penggunaan variabel linguistik dalam metode logika Fuzzy untuk mendapatkan penilaian subyektif dari pembuat keputusan. Fungsi keanggotaan triangular dapat digunakan untuk mengelompokkan kesamaan yang terjadi pada variabel linguistik. Berikut merupakan contoh matriks perbandingan berpasangan Fuzzy:

Tabel 3.12 Contoh Matriks Perbandingan Berpasangan Fuzzy

Kriteria	X1	X2	X3
X1	(1,1,3)		
X2		(1,1,3)	
X3			(1,1,3)

2. Menghitung nilai $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \sum_{j=1}^m lj$, $\sum_{j=1}^m mj$, $\sum_{j=1}^m uj$ dengan operasi penjumlahan pada tiap-tiap TFN dalam setiap baris.

Keterangan:

M : bilangan TFN

m : jumlah kriteria

j : kolom

i : baris (1,2,...n)

g : parameter (l, m, u)

3. Nilai *Fuzzy Synthetic Extent*

Langkah-langkah model *extent analysis* yaitu (Adnyana, 2016):

- a. Menghitung nilai *Fuzzy synthetic extent*

$$Si = \sum_{j=1}^m M_i^j \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j}$$

$$\text{Dimana: } \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n ui, \sum_{j=1}^n mi, \sum_{i=1}^n li}$$

Keterangan:

M : bilangan *triangular fuzzy number*

j : kolom

i : baris (i = 1, 2, 3...n)

l : nilai *lower*

m : nilai *medium*

u : nilai *upper*

4. Menentukan nilai vektor (V) dan nilai ordinat defuzzyfikasi (d)

Jika hasil yang diperoleh pada setiap matriks *Fuzzy*, $M_2 \geq M_1$ ($M_2 = l_2, m_2, u_2$) dan ($M_1 = l_1, m_1, u_1$) maka nilai vektor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup [\min(\mu_{M_1}(x), \min \mu_{M_2}(y))]$$

Tingkat kemungkinan untuk bilangan *Fuzzy* dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{lainnya} \end{cases}$$

Jika hasil nilai *Fuzzy* lebih besar dari k, M_i (i = 1,2,...,k) maka nilai vektor dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_2) \text{ dan } V(M \geq M_k) = V(M \geq$$

$M_i)$

Asumsikan bahwa $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$

Untuk $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$, maka diperoleh nilai bobot vektor

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

Dimana $A_i = 1, 2, \dots, n$ adalah n elemen dari n (A_i) adalah nilai yang menggambarkan pilihan relatif masing-masing atribut keputusan.

5. Normalisasi nilai bobot vektor *Fuzzy* (W)

Jika vektor bobot tersebut diatas dinormalisasi maka akan diperoleh definisi vektor bobot sebagai berikut:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

Nilai normalisasi dapat diperoleh dengan rumus:

$$d(A_n) = \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^n d'(A_n)}$$

3.3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah suatu atribut yang berbobot paling besar, sehingga menjadi atribut yang harus ditingkatkan agar manajemen pada proses produksi menjadi lebih baik dari sebelumnya. Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan, yaitu dengan cara memperbaiki faktor faktor yang belum mencapai target agar proses produksi gula Kristal putih bisa ditingkatkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Pabrik Gula Kebon Agung

PG Kebon Agung merupakan pabrik gula yang didirikan oleh pengusaha keturunan Tionghoa, Tan Tjwan Bie pada tahun 1905. Saat pertama kali didirikan kapasitas produksi yaitu 500 TTH (Ton Tebu per Hari), berbeda dengan sekarang yang mencapai 14000 TTH atau 28 kali lebih besar daripada saat pertama kali didirikan. PG Kebon Agung semula dikelola secara perorangan oleh seorang pengusaha bernama Tan Tjwan Bie, kemudian sekitar tahun 1917 pengelolaan PG Kebon Agung diserahkan kepada NV. Handel dan Landbouws Maatschapij Tideman van Kerchem sebagai direksinya. Kemudian dibentuk perusahaan dengan nama NV. Suiker Fabriek Kebon Agoeng. Pada tahun 1932 dimiliki oleh Javasche Bank. Pada 17 Juli 1968 Bank Indonesia yang merupakan pemegang saham tunggal PG Kebon Agung menunjuk PT Tri Gunabina sebagai pengelola PG Kebon Agung. Sejak tanggal 1 April 1993 pengelolaan PG Kebon Agung dialihkan dari PT. Tri Gunabina ke PG Kebon Agung hingga saat ini.

PG Kebon Agung merupakan pabrik gula yang mewadahi petani tebu untuk mengembangkan pertanian tebu. PG Kebon Agung memiliki visi dan misi. Visi PG Kebon Agung yaitu menuju pabrik gula yang berdaya saing kuat dengan produk berkualitas dan proses produksi efisien sehingga menuju pabrik sehat dan bertumbuh kembang serta berwawasan lingkungan. Misi PG Kebon Agung yaitu dengan program pembangunan pabrik gula Kebon Agung menuju pabrik dengan kapasitas giling 10.000 TCD, rendemen tebu 8 dan kualitas gula bagus.

4.2 Analisis Kondisi Proses Produksi Gula

PG Kebon Agung memiliki unit pabrikasi yang mengolah tebu menjadi gula kristal putih dengan kapasitas produksi 14000 ton tebu per hari. Aktivitas pabrikasi bertugas melakukan transformasi dari bahan baku. Aktivitas pabrikasi yang pertama dilakukan adalah melakukan penimbangan tebu untuk menimbang berat tebu apakah sesuai dengan yang dikirim dari kebun ke pabrikasi. Kemudian tebu yang telah ditimbang diangkat menggunakan cane crane menuju

cane table selanjutnya dicacah menggunakan *cane cutter* kemudian digiling.

Proses pemurnian yaitu proses yang berfungsi untuk memisahkan nira dan kotoran (non gula) yang terdapat padanira dengan cara kimia dan fisika. Cara kimia tersebut yaitu berada dalam proses penambahan susu kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan SO_2 , sedangkan cara fisika tersebut yaitu berada dalam proses pemanasan pada *juice heater* dan proses pengendapan pada *single tray clarifier*. Dalam proses ini diupayakan kerusakan yang terjadi pada sukrosa (gula) seminimal mungkin, karena jika kerusakan yang terjadi terlalu besar maka kandungan sukrosa dalam nira akan turun dan semakinsedikit. Di PG Kebon Agung proses pemurnian menggunakan proses sulfitasi.

Nira dari stasiun gilingan disaring dengan menggunakan saringan DSM, selanjutnya ditampung di tangki penampungan nira mentah yang kemudian akan dipanaskan dalam *juice heater* 1 (pemanas pendahuluan 1) dengan suhu $75 - 80^\circ\text{C}$. Setelah itu, pemberian susu kapur bertujuan untuk menaikkan pH 8,5-9,0. Setelah pH naik, kemudian nira masuk ke sulfur tower dan ditambahkan dengan gas SO_2 untuk menurunkan pH dan kemudian nira masuk ke tangki reaksi sampai menghasilkan pH $7,0 - 7,2$. Setelah pH tercapai, setelah nira dipanaskan di *juice heater* 2 dengan suhu $100 - 105^\circ\text{C}$. Setelah melalui *juice heater* 2, nira masuk ke flash tank untuk mengeluarkan gas yang ada di dalam nira. Setelah nira keluar dari *flash tank*, ada penambahan flokulat untuk membantu proses pengendapan di *single try clarifier*. Setelah keluar dari *flash tank*, nira masuk ke *try clarifier* dan menghasilkan endapan kotoran. Kotoran yang mengendap menghasilkan nira kotor yang dikeluarkan dari bejana pengendap dan dicampur dengan ampas halus (*bagacillo*) yang kemudian ditapis oleh *rotary vacuum filter*. Air (filtrat) yang dihasilkan dari *rotary vacuum filter* disebut dengan nira tapis, yang mana nira ini akan masuk kembali ke peti nira mentah untuk diproses kembali, sedangkan endapan kotorannya disebut dengan blotong. Nira jernih yang keluar dari *single try clarifier* akan dipanaskan lagi di *juice heater* 3 dengan suhu $105 - 110^\circ\text{C}$. Setelah proses pemurnian selesai, nira encer hasil pemurnian kemudian masuk ke evaporator di stasiun penguapan.

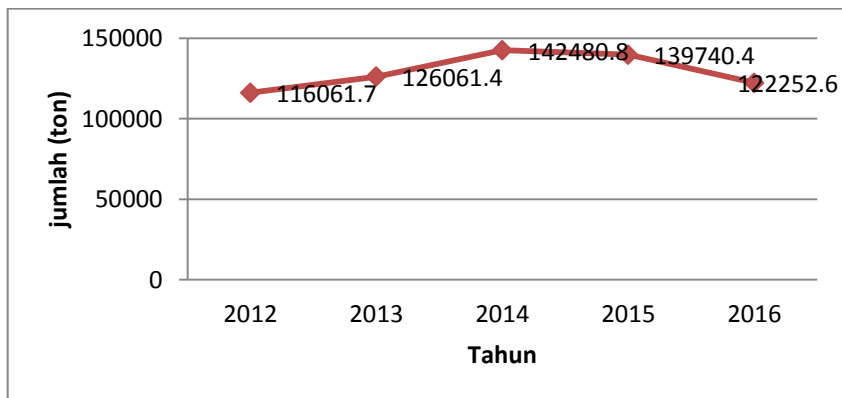
Proses penguapan bertujuan untuk memisahkan air dengan nira serta mengubah nira jernih menjadi nira kental. Kandungan air dalam nira cukup besar, sehingga dilakukan penguapan untuk mengurangi kadar air secara maksimal. Apabila kekentalan nira kurang maka akan memperberat kerja masakan, karena akan memperlambat proses pemasakan nira. Penguapan dilakukan untuk memaksimalkan kerja di stasiun masakan untuk membentuk kristal gula. PG Kebon Agung memiliki 9 evaporator, tetapi hanya 6 evaporator yang digunakan untuk proses sedangkan sisanya dibersihkan. Evaporator yang dibersihkan dengan system masak soda yang kemudian akan di *scrub*, soda yang digunakan adalah soda kaustik dengan dosis sebanyak 125 kg/ hari. Evaporator dibersihkan untuk membersihkan kerak yang timbul. Prinsip kerja pre evaporator dan evaporator menguapkan sebagian besar air yang ada dalam nira, dengan sistem *quintiple effect*. Proses pemindahan panas (*heat transfer*) dari uap ke nira dalam rangkaian pipa tidak berkontak secara langsung, melainkan berpisah oleh adanya rangkaian pipa yang disusun seri.

Stasiun masakan atau kristalisasi bertujuan untuk mengubah sukrosa yang berbentuk larutan menjadi kristal gula yang berukuran 0,9 -1,1 mm. Sukrosa yang terkandung dalam nira kental diuapkan sehingga menghasilkan *massecuite*, yaitu campuran kristal gula dan larutannya. Pemasakan akan dilakukan secara bertingkat untuk mencapai efisiensi proses. Dengan proses bertingkat akan dihasilkan sukrosa dalam nira kental hingga mencapai kualitas Kristal maksimal. Jumlah tingkatan proses tergantung pada kemurnian nira. Nira dengan kemurnian tinggi akan dikristalkan dalam 4 tahap, sedangkan nira dengan kemurnian rendah $\pm 85\%$ akan dikristalkan dalam 3 tahap. Untuk PG Kebon Agung menerapkan 3 tahap dengan proses ACD. Ukuran kristal yang dihasilkan dari masing masing proses yaitu, masakan A sebesar 0,9-1,1 mm, masakan C sebesar 0,5-0,7 mm dan masakan D sebesar 0,1-0,3 mm.

Kemudian proses selanjutnya yaitu stasiun puteran yang bertujuan untuk memisahkan antara kristalgula dengan cairannya (*mollase*). Dalam stasiun puteran, puteran dibagi menjadi 3 yaitu puteran gula jenis A, C dan D. Gula A atau gula produk yang dihasilkan dari puteran A akan diturunkan ke talang goyang untuk dilanjutkan ke stasiun penyelesaian. Pada talang goyang, gula akan

melewati proses pengeringan dimana akan mengeringkan gula serta memisahkan antara gula yang memenuhi syarat dengan gula yang tidak memenuhi syarat. Gula dari puteran yang diturunkan ke talang goyang akan menyebabkan gula bersinggungan dengan udara sehingga kelembaban akan berkurang secara alami. Pada proses pengeringan ini, gula yang masih mengandung air akan dikeringkan dengan udara panas. Setelah itu, gula akan disaring oleh 2 saringan, saring gula halus dengan ukuran 30 mesh dan gula kasar dengan ukuran mesh. Gula kasar dimasukkan ke *mixer* kemudian ditambahkan air dan akan ditampung kembali di peti nira kental. Sedangkan gula produk akan ditampung pada silo dan dilanjutkan pada proses pembungkusan. Proses pembungkusan bertujuan untuk menjaga kualitas gula. Gula yang berasal dari silo diturunkan dengan *packer*, dimana *packer* ini merupakan alat yang dipasang di ujung silo untuk membagi gula yang turun disertai dengan timbangan secara otomatis. Di PG Kebon Agung gula dikemas dalam ukuran 50 Kg setiap karungya. Sedangkan untuk kemasan retail seberat 1 Kg per kemasannya, gula dikemas menggunakan plastik. Gula yang sudah sesuai timbangan dan sudah dikemas disimpan ke gudang penyimpanan gula menggunakan *belt conveyor*.

Selain produk utama gula kristal putih, PG Kebon Agung juga menghasilkan produk samping berupa tetes dan ampas tebu. Ampas yang dihasilkan dari sabut tebu dapat digunakan sebagai bahan bakar pemanas ketel yang menghasilkan uap panas. Produksi gula kristal putih tahun 2012-2016 dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Produksi Gula Kristal Putih Tahun 2012 – 2016

(Sumber: PG Kebon Agung, 2017)

Berdasarkan **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa PG Kebon Agung memproduksi gula pada tahun 2012 yaitu sebanyak 116.061,7 ton. Pada tahun 2013 produksi meningkat menjadi 126.061,4 ton. Pada tahun 2014 produksi gula mencapai 142.480,8 ton. Pada tahun 2015 produksi menurun menjadi 139.740, ton. Pada tahun 2016 produksi gula menurun menjadi 122.252,6 ton, hal ini dipengaruhi bahan baku yaitu tebu yang jumlahnya menurun dari tahun sebelumnya.

4.3 Identifikasi Risiko Proses Produksi

Identifikasi risiko dilakukan dengan pengisian kuesioner oleh responden ahli, setelah itu dilakukan validasi dengan cara melakukan wawancara mendalam dengan responden. Berdasarkan hasil wawancara didapatkan risiko-risiko yang teridentifikasi dan sering dihadapi oleh departemen pabrikasi ditampilkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Risiko teridentifikasi proses produksi gula

No.	Risiko Teridentifikasi
-----	------------------------

1	Keterlambatan pasokan tebu
2	Kualitas tebu tidak sesuai standar
3	Kerusakan mesin <i>hammer</i> HDS
4	Risiko kontaminasi benda asing
5	Kerusakan mesin <i>Carrier</i>
6	Korosi pada gilingan
7	Pemerahan kurang maksimal
8	Kerusakan Cane cutter
9	Tidak stabilnya suhu saat evaporasi
10	Banyak nira tercampur ampas
11	Kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tinggi dan waktu terlalu lama
12	Ukuran kristal yang diluar standar
13	Ukuran kristal tidak seragam
14	Kekentalan tidak sesuai
15	Kurangnya sanitasi peralatan
16	Gula mengandung logam
17	Kerusakan mesin pengemas
18	Kecelakaan akibat pengoperasian mesin

Sumber: Data Primer PG Kebon Agung, 2017

1. Risiko keterlambatan bahan baku

Risiko yang dihadapi oleh departemen pabrikasi pada proses produksi gula kristal putih di PGKebon Agung diantaranya risiko keterlambatan pasokan tebu. Keterlambatan pasokan tebu mempengaruhi proses produksi karena mengganggu proses penggilingan yang berjalan terus menerus secara kontinu. Adapun penyebab keterlambatan antara lain cuaca yang tidak bagus dan jadwal penebangan yang tidak tepat. Menurut Fahriyah (2011) faktor yang mempengaruhi produksi komoditas agroindustri meliputi teknik, cuaca, iklim dan cara budidaya pengelolaannya. Kecepatan dan ketepatan waktu pengiriman dari *supplier* bukan hanya memungkinkan perusahaan untuk memproduksi dan mengirim produk ke pelanggan secara tepat waktu, namun juga bisa mengurangi tingkat persediaan bahan baku atau komponen yang harus disimpan sehingga juga akan berakibat pada penghematan biaya (Prasetyo, 2014).

2. Risiko kualitas tebu tidak sesuai standar

Risiko kualitas tebu tidak sesuai standar yaitu tebu sebagai bahan baku utama gula kristal putih rusak atau memiliki kadar gula rendah. Adapun untuk tebu yang rusak dapat merusak kualitas gula kristal putih yang di produksi. Tidak hanya kualitas produk jadi saja yang dipentingkan, namun kualitas dari bahan baku yang digunakan untuk produksi juga menjadi faktor penting dalam menghasilkan produk jadi yang sesuai dengan standar *pharmascope*. Dalam hal kualitas, banyak faktor yang harus diperhatikan. Ketika hal ini tidak sesuai dengan standar yang diinginkan perusahaan, maka akan berdampak pada hasil akhir produk dan kepuasan konsumen terhadap produk yang dihasilkan perusahaan (Maulidya, 2014).

3. Risiko kerusakan mesin hammer HDS

Kerusakan mesin *hammer* HDS yaitu mesin penggiling bermasalah atau berhenti saat beroperasi mengakibatkan proses selanjutnya menunggu sementara mesin hammer diperbaiki. Setiap hari dilakukan pengecekan terhadap mesin penggiling namun masih ada saja masalah yang timbul hingga menyebabkan keusakan ringan. Hal ini merugikan karena waktu tunggu untuk proses

selanjutnya menyebabkan *bottle neck*. Menurut Huda (2014), mesin *hammer* HDS merupakan salah satu mesin di stasiun gilingan PG kebon agung Malang dengan kontribusi *downtime* 36% selama masa giling 2014. Dengan detail kerusakan seperti penggantian *hammer tip* untuk perbaikan mesin.

4. Risiko kontaminasi benda asing

Risiko kontaminasi benda asing saat penggilingan tebu sebagai bahan baku utama yaitu ketika tebu yang masuk penggilingan masih tercampur tanah akar dan daun dapat masuk ke bahan baku. Tebu yang baru saja di tebang dari lahan tidak sepenuhnya bersih. Sehingga hal ini dapat merusak kualitas gula yang dihasilkan. Menurut Triharjono *et al.*(2013) pencegahan kontaminasi silang saat proses produksi antara lain pekerja tidak boleh menggunakan perhiasan selama proses produksi, wajib menggunakan masker, sarung tangan dan penutup kepala.

5. Risiko kerusakan mesin *carrier*

Risiko kerusakan mesin *carrier* sebagai alat untuk memindahkan tebu dari truk ke meja penggilingan dapat mengganggu proses penggilingan. Jika mesin *carrier* rusak maka perlu dilakukan perbaikan dan proses pemindahan tebu harus dihentikan hingga mesin selesai diperbaiki. Hal ini mengganggu proses penggilingan karena waktu menunggu sehingga tidak bisa dilakukan proses selanjutnya. Menurut Rosa (2014) jika ada mesin yang semula dalam kondisi baik kemudian sering menimbulkan masalah maka faktor penyebab utamanya adalah manusia di belakang mesin tersebut. Operator mesin misalnya lalai menambah minyak pelumas mesin, lupa mengencangkan baut, salah menempatkan benda kerja, mengoperasikan tidak sesuai dengan prosedur, memaksa mesin bekerja diluar kapasitasnya, cara kerja yang tidak sesuai SOP atau tidak membersihkan mesin dari kotoran dan tidak merawat mesin secara periodik.

6. Risiko korosi gilingan

Risiko korosi pada gilingan dapat mengganggu proses produksi karena mesin tidak dapat berjalan dengan baik. Gilingan berfungsi untuk memerah nira yang terdapat dalam tebu. Pada proses ini tebu digiling menggunakan rol yang terbuat dari bahan *Stainless Steel* atau *Carbon Steel*. Potensi terjadinya korosi di rol

gilingan cukup besar. Hal itu disebabkan karena keausan dari peralatan. Keausan terjadi karena adanya gesekan antara ampas dengan rol gilingan. Dengan banyaknya gesekan yang terjadi maka rol akan menjadi aus, sehingga menimbulkan korosi. Selain itu karakteristik dari Nira yang dihasilkan bersifat asam, sehingga menjadi media yang baik untuk terjadinya korosi. Korosi pada gilingan dapat mengakibatkan nira terkontaminasi. Dengan adanya bahan konstruksi yang terbuat dari logam, maka Pabrik Gula rentan terhadap serangan korosi. Menurut Simatupang (2008) dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung adalah berupa terjadinya kerusakan pada peralatan, permesinan atau struktur bangunan. Sedangkan kerugian tidak langsung berupa terhentinya aktifitas produksi karena terjadinya penggantian peralatan yang rusak akibat korosi, terjadinya kehilangan produk akibat adanya kerusakan pada kontainer, tanki bahan bakar atau jaringan pemipaan air bersih atau minyak mentah, terakumulasinya produk korosi pada alat penukar panas dan jaringan pemipaan akan menurunkan efisiensi perpindahan panasnya, dan lain sebagainya. Selama ini permasalahan korosi di pabrik gula kurang mendapat perhatian bahkan terkesan diabaikan, padahal biaya yang ditimbulkan akibat adanya korosi tidaklah sedikit.

7. Risiko pemerahan kurang maksimal

Risiko pemerahan kurang maksimal terjadi saat proses penggilingan sehingga masih ada sebagian nira yang terbuang sehingga gula yang dihasilkan kurang maksimal. Hal ini disebabkan oleh stasiun penggilingan yang aus karena proses produksi secara terus menerus. Menurut Sudibyo (2014) nira yang diperoleh dari proses pemerahan selanjutnya mengalami proses pemisahan sukrosa dan dikristalkan. Produksi gula dipengaruhi oleh banyaknya pol yang dapat diperah. Pemerahan pol dapat menjadi salah satu penentu penting dalam produksi gula. Parameter ampas tebu sisa hasil proses pemerahan di *mill* yang harus dipantau adalah pol, karena semakin besar pol dari ampas tebu maka semakin besar kehilangan gula dan selanjutnya semakin berkurang produksi gula.

8. Risiko kerusakan sukrosa karena suhu evaporator terlalu tinggi dan waktu terlalu lama

Risiko kerusakan sukrosa karena suhu evaporator terlalu tinggi dan waktu terlalu lama sebagai diakibatkan oleh kelalaian operator dalam mengatur suhu maupun uap yang terlalu panas. Apabila sukrosa rusak maka tidak akan terbentuk gula yang baik. Suhu pemasakan yang tidak dikontrol dapat mengakibatkan rusaknya sukrosa. Kandungan sukrosa merupakan faktor penting penentu standar kualitas gula, sehingga sukrosa dalam nira juga harus dijaga supaya tidak mengalami inversi. Inversi sukrosa dapat terjadi karena suhu yang tinggi dan pH yang terlalu basa. Untuk mencegah inversi sukrosa karena suhu yang tinggi dapat dilakukan pembuatan gula tebu menggunakan evaporator vakum, dimana tekanan dinaikkan dari tekanan atmosfer sehingga suhu pemasakan dapat diturunkan, sehingga mencegah kerusakan sukrosa (Latief, *et al.*, 2010).

9. Risiko ukuran kristal di luar standar

Ukuran kristal di luar standar pada SNI terdapat syarat minimum dan maksimum ukuran gula kristal putih. Apabila ukuran kristal terlalu besar maupun terlalu kecil maka akan di proses peleburan kembali kemudian dikristalisasi sampai mendapatkan ukuran standar. Pengendalian mutu produk akhir perlu dilakukan, karena dengan pengendalian mutu produk akhir yang dilakukan dengan benar maka perusahaan dapat mempertahankan posisinya di pasar dan dapat menghadapi persaingan dari perusahaan lain. Mutu produk akhir berperan sangat penting, karena mempengaruhi kontak dari konsumen ke perusahaan. Konsumen akan menilai kualitas suatu perusahaan berdasarkan produk akhir yang perusahaan berikan pada konsumen (Gunawan, 2013).

10. Risiko ukuran kristal tidak seragam

Ukuran kristal tidak seragam yaitu ukuran kristal gula yang bervariasi sehingga menimbulkan kualitas yang tidak bagus. Dampak dari kristal tidak seragam yaitu gula memiliki kualitas dibawah standar. Dengan penerapan mutu dan standar konsumen memperoleh kepastian kualitas dan keamanan produk. Dari sisi produsen, kepentingan bisnis dikedepankan khususnya kualitas produk yang akan menyangkut standar dan mutu mengingat

konsumen sudah bergeser pola hidupnya dari *Price Oriented* ke *Quality Oriented* (Widyastuti, 2014).

11. Risiko kekentalan nira tidak sesuai

Nira kental pada mesin evaporasi dapat menimbulkan masalah apabila saluran tersendat pada pipa, sehingga proses terhenti dan perlu dilakukan pembongkaran dan pembersihan. Nira yang terlalu kental dapat menimbulkan kerak yang menghambat proses evaporasi. bahwa semakin besar % brix maka laju perpindahan panasnya semakin rendah, hal ini disebabkan oleh *mass flow rate* uap dari vessel 1 ke vessel berikutnya semakin sedikit. Pada tiga vessel terakhir didapatkan nilai laju perpindahan panas yang cenderung sama, hal ini karena pada tiga vessel terakhir uap nira tidak di-*bleed* sehingga *mass flow rate* uap sama hanya saja *laten heat of vaporizationnya* semakin besar. Panas yang dihasilkan vessel adalah pertukaran panas antara steam dengan penguapan nira, sehingga energi panas yang dilepas steam harus sama dengan energi panas yang diterima oleh nira (Storia,2016).

12. Risiko kurangnya sanitasi peralatan

Kurangnya sanitasi peralatan perlu diterapkan di PG Kebon Agung karena pabrik menghasilkan produk bahan makanan yang harus dijaga kualitas kebersihannya. Proses produksi yang berjalan terus menerus menyebabkan risiko kurangnya sanitasi yang dilakukan karena mesin melakukan proses produksi terus menerus. Menurut Purwiyatno (2009), pemilihan peralatan yang digunakan dalam pengolahan pangan dengan mempertimbangkan bahan yang digunakan dan kemudahan pembersihan. Bahan yang digunakan untuk peralatan pengolahan pangan merupakan bahan yang tidak bereaksi dengan bahan pangan. Pertimbangan kemudahan pembersihan peralatan tergantung pada kontribusi alat tersebut.

13. Risiko gula mengandung logam

Gula mengandung logam yaitu keadaan dimana gula mengandung kadar logam berat lain dengan jumlah lebih dari batas standar SNI sehingga tidak lulus uji dan tidak boleh dijual. Oleh sebab itu dilakukan proses *scanning* pada *belt conveyor* untuk memastikan gula tidak mengandung logam sehingga aman untuk dikonsumsi. Menurut Ariansyah (2012) menyatakan bahwa bahan

pangan sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul tinggi, dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah bersifat toksik bagi tumbuhan, hewan dan manusia.

14. Risiko kerusakan mesin pengemas

Kerusakan mesin pengemas yaitu kondisi dimana terjadi kendala pada mesin, atau *packaging* yang tidak sempurna. Hal yang dilakukan yaitu memperbaiki alat yang rusak namun dengan waktu pemberhentian mesin sehingga terjadi antrian dan *bottle neck*. Kinerja mesin pengemas berhenti disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin dan waktu menganggur (*idletime*) dari mesin. Ketika operator tidak dapat memperbaikinya dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dianggap sebagai kerusakan (Nursanti dan Susanto, 2014).

15. Risiko kecelakaan akibat pengoperasian mesin

Kecelakaan akibat pengoperasian mesin seperti kecelakaan kecil maupun yang berakibat kematian dapat merugikan perusahaan menyebabkan biaya pengeluaran untuk pengobatan sehingga merugikan perusahaan. Kecelakaan terjadi karena kelalaian pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri saat bekerja. Menurut Suma'mur (2009) berpendapat bahwa risiko kecelakaan kerja dapat terjadi utamanya disebabkan dari tindakan aman maupun kondisi tidak aman. Kondisi tidak aman merupakan kondisi fisik (peralatan, mesin, sifat dan cara kerja) yang dapat langsung mengakibatkan kecelakaan. Tindakan tidak aman merupakan perbuatan dari manusia (kurang pengetahuan, sikap dan tingkah laku yang tidak aman, ketelitian) yang dapat langsung mengakibatkan kecelakaan.

16. Nira tercampur ampas

Nira yang diproses evaporasi kemudian dipisahkan dari ampas nya, apabila masih banyak nira yang terkandung dalam ampas maka akan dilakukan proses pemisahan ulang. Namun akan lebih efisien jika tidak dilakukan proses yang berulang ulang. Nira yang diperoleh dari proses pemerahan selanjutnya mengalami proses pemisahan sukrosa dan dikristalkan. Produksi gula dipengaruhi oleh banyaknya pol yang dapat diperah. Pemerahan pol dapat menjadi salah satu penentu penting dalam produksi gula.

Parameter ampas tebu sisa hasil proses pemerahan di *mill* yang harus dipantau adalah pol, karena semakin besar pol dari ampas tebu maka semakin besar kehilangan gula dan selanjutnya semakin berkurang produksi gula (Sudibyo, 2014).

17. Tidak stabilnya suhu evaporator

Uap panas evaporator berasal dari stasiun ketel, suhu uap panas yang tidak stabil dapat mempengaruhi lama proses evaporasi. Suhu uap yang terlalu tinggi dapat merusak sukrosa. Berhentinya uap panas dari ketel dapat mengganggu proses evaporasi. Sumber energi untuk proses produksi gula dihasilkan dari ketel uap dalam bentuk uap panas. Pabrik ini beroperasi menggunakan 2 buah ketel uap dengan kapasitas 80 ton/jam dan 100 ton/ jam. Kinerja ketel uap, seperti efisiensi dan rasio penguapan, dipengaruhi oleh buruknya pembakaran, buruknya kualitas bahan bakar dan kualitas air, kotornya permukaan penukar panas serta buruknya operasi dan pemeliharaan (Hendaryanti, 2012).

18. Kerusakan *cane cutter*

Risiko kerusakan mesin *cane cutter* sebagai alat untuk memotong tebu saat proses penggilingan tebu dapat mengganggu proses penggilingan. Jika mesin *cane cutter* rusak maka perlu dilakukan perbaikan dan proses pemindahan tebu harus dihentikan hingga mesin selesai diperbaiki. Gangguan pada mesin dapat timbul akibat ketidakmapuan operator untuk melakukan aktifitas pemeliharaan mesin secara sederhana. Operator tidak memiliki bekal pengetahuan teknis yang memadai tentang mesin yang dioperasikannya (Rosa, 2014).

4.4 Pengukuran Risiko Proses Produksi

Metode yang digunakan dalam mengukur dampak risiko kinerja proses produksi gula yaitu *fuzzy* FMEA. Perhitungan *fuzzy* FMEA dalam perhitungan ini akan digunakan sebagai sebagai dasar dalam penentuan prioritas penanganan dan tingkat risiko untuk masing-masing *stakeholder*. Teori *fuzzy* digunakan dalam perhitungan FMEA agar didapatkan nilai RPN yang tidak bias dan untuk memperhitungkan bobot faktor. Penggunaan logika *fuzzy*

dapat digunakan untuk mengatur dan mengatasi keterbatasan yang dimiliki oleh FMEA tradisional (Wessiani & Satria, 2015).

4.4.1 Perhitungan Agregasi Nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*

Pada perhitungan agregasi nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* dimana untuk masing masing *failure mode* akan dinilai oleh pakar PG Kebon Agung. Responden melakukan penilaian terhadap nilai S, O, D. Rata rata nilai agregasi dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Rata-Rata Nilai Agregasi nilai S, O dan D

No.	Risiko Teridentifikasi	S	O	D
1	Keterlambatan pasokan tebu	6	3,5	6,3
2	Kualitas tebu tidak sesuai standar	6,3	3,5	6,7
3	Kerusakan mesin <i>hammer</i> HDS	6,7	7,5	5
4	Risiko kontaminasi benda asing lain	8,3	7,25	6,3
5	Kerusakan mesin <i>carrier</i>	8	2,5	6,3
6	Korosi pada gilingan	7,3	2,5	5,7
7	Pemerahan kurang maksimal	7,6	3,25	5,4
8	Kerusakan cane cutter	7	4,25	4,4
9	Tidak stabilnya suhu saat evaporasi	7	4,25	5,1
10	Banyak nira tercampur ampas	8,3	3,25	3,9
11	Kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tinggi dan waktu terlalu lama	7,6	3,15	3,8
12	Ukuran kristal yang diluar standar	7,7	3,5	4,8
13	Ukuran kristal tidak seragam	7,4	3,5	4,8
14	Kekentalan nira tidak sesuai	9	7	3,7
15	Kurangnya sanitasi peralatan	7,1	2,65	4,5
16	Gula mengandung logam	7	2,5	4,9
17	Kerusakan mesin pengemas	8,3	7,5	4,5
18	Kecelakaan akibat pengoperasian mesin	8,6	7	4,9

Sumber : Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa beberapa risiko dengan nilai rata rata *severity* tertinggi antara lain kekentalan nira tidak sesuai dengan nilai 9, dengan nilai *severity* paling tinggi ini berarti dampak dari kekentalan nira tidak sesuai terhadap risiko proses produksi termasuk serius, akibat nira yang terlalu kental dapat menghambat proses evaporasi karena pipa tersumbat akibat kerak pada pipa. Apabila kekentalan nira terlalu encer akan

memperlambat proses evaporasi. Risiko dengan nilai rata-rata *occurrence* tertinggi yaitu kerusakan mesin hammer HDS dengan nilai 7,5. Ini dibuktikan dengan frekuensi kerusakan mesin setiap dua hari sekali bahkan sehari sekali. Risiko dengan nilai rata-rata *detection* tertinggi antara lain kualitas tebu tidak sesuai standar dengan nilai 6,7. Dengan nilai *detection* tertinggi ini membuktikan bahwa untuk mendeteksi resiko berikutnya tidak mudah karena jumlah tebu yang masuk untuk proses giling sangat banyak, sedangkan yang menentukan lolos berdasarkan sebagian sampel yang mewakili. Penilaian risiko dilakukan dengan memberikan nilai pada faktor *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang dilakukan oleh 3 orang ahli. Informan 1 adalah supervisor pabrikasi dengan bobot 40%, informan 2 adalah koordinator stasiun pemasakan dengan bobot 30%, dan informan 3 adalah mandor dengan bobot 30%.

.4.4.2 Perhitungan Bobot Kepentingan dan Agregasi Faktor *Severity*, *Occurance* dan *Detection*

Pada perhitungan bobot kepentingan untuk faktor S, O dan D ini dihitung dengan memperhitungkan bobot masing-masing faktor. Bobot faktor memiliki nilai yang berbeda masing-masing faktor berdasarkan nilai dari pakar. Nilai bobot kepentingan ini sama untuk semua risiko yang ada sesuai dengan bobot kepentingan *occurrence*, *severity* dan *detection*. Nilai bobot yang diberikan pada semua failure mode sama sesuai dengan bobot kepentingan pada faktor ini memiliki lima tingkatan yaitu *very low*, *low*, *medium*, *high* dan *very high*.

Bobot kepentingan yang dinilai oleh masing-masing pakar, dinilai dalam bahasa linguistik. Dari bahasa linguistik ini, kemudian diubah menjadi bilangan *fuzzy*. Dari bilangan *fuzzy* yang ada akan dihitung nilai agregat dan rata-ratanya. Dari hasil penilaian pakar, kemudian dilakukan agregasi untuk mendapatkan bobot faktor bernilai satu. Nilai bobot bilangan *fuzzy* dan rata-rata nilai agregat untuk faktor *occurrence*, *severity* dan *detection* pakar ditampilkan dalam **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Rata-rata nilai agregasi nilai S,O,D

Faktor	Rata-Rata Nilai Agregat
S	1,7
O	1,2
D	1,2

Sumber : Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.3** dapat diketahui bahwa nilai rata rata pakar pada faktor *severity* yaitu 1,7, pada faktor *occurrence* yaitu 1,2 dan pada *detection* yaitu 1,2. Menurut Basjir (2011), setiap faktor memiliki bobot masing-masing, berbeda dengan FMEA konvensional yang menganggap semua faktor memiliki bobot kepentingan yang sama. FMEA konvensional tidak memperhitungkan kepentingan relatif dari faktor-faktor risiko dan memperlakukannya dalam tingkat kepentingan yang sama.

4.4.3 Perhitungan Nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN)

Nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) didapatkan dengan dihitung berdasarkan persamaan. Kemudian nilai FRPN dari masing-masing risiko diurutkan dari nilai terbesar sampai yang terkecil, dimana nilai FRPN terbesar merupakan ranking yang tertinggi dan perlu mendapat perhatian. Nilai FRPN risiko proses produksi ditunjukkan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Nilai FRPN

No.	Risiko Teridentifikasi	FRPN	Ranking
1	Keterlambatan pasokan tebu	4,957	11
2	Kualitas tebu tidak sesuai standar	5,126	8
3	Kerusakan mesin <i>hammer</i> HDS	6,498	4
4	Risiko kontaminasi benda asing lain	7,458	1
5	Kerusakan mesin carrier	4,867	12
6	Korosi pada gilingan	4,587	15
7	Pemerahan kurang maksimal	5,071	9
8	Kerusakan cane cutter	5,169	7
9	Tidak stabilnya suhu saat evaporasi	5,362	6
10	Banyak nira tercampur ampas	4,835	13
11	Kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tinggi dan waktu terlalu lama	4,594	14
12	Ukuran kristal yang diluar standar	5,089	10
13	Ukuran kristal tidak seragam	4,418	16
14	Kekentalan tidak sesuai	6,738	5
15	Kurangnya sanitasi peralatan	4,376	17
16	Gula mengandung logam	4,349	18
17	Kerusakan mesin pengemas	6,861	3
18	Kecelakaan akibat pengoperasian mesin	7,102	2

Sumber : Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.4** dapat diketahui bahwa terdapat 18 risiko, setelah dihitung FRPN dapat diketahui risiko yang menjadi peringkat pertamaproses produksi gula di PG Kebon Agung yaitu risiko kontaminasi benda asing lain dengan nilai FRPN tertinggi sebesar 7,458. Risiko kontaminasi benda asing menjadi prioritas pertama untuk dilakukan penanggulangan, risiko ini masuk dalam kategori *medium-high*. Risiko dalam kategori *medium-high* memiliki potensi untuk merusak sistem, untuk itu dilakukan mitigasi agar tidak memengaruhi kualitas gula kristal putih yang diproduksi dari kontaminasi fisik, kimia dan biologis.

Risiko kontaminasi benda asing mengakibatkan risiko tidak dapat memenuhi standar minimum kualitas gula. Menurut Syahra (2014) salah satu penyebab utama keracunan makanan adalah terkandungnya bakteri yang melebihi batas normal yang diijinkan atau terkontaminasi dengan bahan kimia dan material fisik. Oleh karena itu, menjadi sebuah keharusan industri makanan

menggunakan manajemen kualitas untuk memastikan hasil makanan yang dihasilkan memenuhi keselamatan makanan.

Peringkat tertinggi pada perhitungan RPN terdapat pada setiap jenis kegagalan sehingga menyebabkan kesulitan untuk menentukan jenis kegagalan yang akan dilakukan perbaikan. Sedangkan untuk peringkat tertinggi nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) terdapat pada proses z. Maka yang diupayakan untuk dilakukan rencana perbaikan adalah untuk proses z karena merupakan peringkat tertinggi pada *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) (Rusmiati, 2012).

Dapat diketahui resiko dengan nilai FRPN terendah adalah gula mengandung logam melebihi batas normal yang diijinkan dengan nilai FRPN sebesar 4,349. Pada proses produksi gula kristal putih terdapat banyak tahapan proses dengan menggunakan peralatan logam, karena prosesnya dilakukan terus menerus selama musim giling maka terdapat resiko peralatan terkorosi dan tercampur pada nira karena nira bersifat asam sehingga menyebabkan korosi. Lapisan yang terkorosi tercampur pada nira yang selanjutnya diproses menjadi gula kristal putih. Pada tahapan terakhir proses produksi gula terdapat mesin *scanning* yang dapat mendeteksi kandungan logam pada gula.

Menyatakan bahwa bahan pangan sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul tinggi, dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah bersifat toksik bagi tumbuhan, hewan dan manusia (Ariansyah, 2012).

4.5 Mitigasi Risiko Proses Produksi

Strategi mitigasi risiko adalah suatu cara atau tindakan yang direncanakan yang berfungsi untuk mengurangi, menanggulangi atau bahkan menghilangkan suatu risiko. Selalu dilakukan pengukuran dan analisis risiko maka diperoleh prioritas risiko yang selanjutnya akan dilakukan strategi mitigasi. Risiko yang dilakukan mitigasi adalah yang memiliki nilai FRPN diatas rata rata. Pada penelitian ini penentuan rata-rata FRPN dilakukan dengan metode rata-rata geometri. Rata-rata geometri adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai dan prioritas satu permasalahan dalam metode *fuzzy*, yang menjadi permasalahan adalah nilai FRPN

yang lebih tinggi daripada rata-rata FRPN harus dilakukan perbaikan dan penyelesaian.

Perhitungan rata-rata geometri FRPN komponen risiko dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Nilai rata-rata geometri FRPN proses produksi gula kristal putih adalah 5,368. Lima risiko dengan peringkat FRPN tertinggi yang berada diatas rata-rata geometri antara lain adalah:

1. Risiko kontaminasi benda asing
2. Kecelakaan akibat pengoperasian mesin
3. Kerusakan mesin pengemas
4. Kerusakan mesin *hammer* HDS
5. Kekentalan nira tidak sesuai

Strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih menggunakan metode *fuzzy AHP*. *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) merupakan suatu teknik kuantitatif yang dikembangkan untuk kasus-kasus yang mempunyai berbagai tingkat hierarki analisis. Metode ini adalah suatu cara praktis untuk mengatasi bermacam-macam hubungan fungsional pada suatu jaringan yang kompleks. Metode ini menggunakan perbandingan secara berpasangan menghitung faktor pembobotan dan menganalisisnya sehingga menghasilkan prioritas relatif diantara alternatif yang ada. Pada tahap awal yang dilakukan dalam penentuan strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih menggunakan metode AHP adalah dengan menentukan hierarki untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai. Penentuan hierarki ini dengan melakukan inventarisasi dan mengidentifikasi elemen-elemen yang berpengaruh dalam strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih. Hal ini dilakukan dengan melalui wawancara dengan para pihak yang terlibat ataupun risiko dan prioritas risiko yang teridentifikasi sebelumnya.

Tabel 4.5 Mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih

Tujuan	Risiko	Alternatif Strategi
Strategi Mitigasi Risiko Proses Produksi Gula Kristal Putih	1. Risiko kontaminasi benda asing	1. Pengendalian bahan baku 2. Standarisasi bahan baku tebu manis, bersih, segar 3. Pemeriksaan proses penggilingan
	2. kecelakaan akibat pengoperasian mesin	1. menggunakan alat pelindung diri 2. penjadwalan jam kerja 3. pelatihan rutin karyawan
	3. Kerusakan mesin <i>hammer</i> HDS	1. Penjadwalan perawatan 2. Bahan baku tidak melebihi kapasitas mesin 3. Pengawasan operasional
	4. Kerusakan mesin pengemas	1. Perawatan mesin 2. Pengawasan operasional 3. Penyediaan mesin cadangan
	5. Kekentalan nira tidak sesuai	1. Pengendalian kapasitas giling 2. Pengawasan operasional mesin 3. Menjaga kebersihan skrap <i>evaporator</i>

Sumber : Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui beberapa alternatif strategi mitigasi risikopada 5 risiko prioritas.Risiko pertama yaitu risiko kontaminasi benda asing dengan keparahan adanya tanah, akar dan daun yang ikut dalam proses penggilingan. Kejadian risiko benda asing masuk ke dalam proses penggilingan tebu cukup sering namun masih dalam batas maksimal yaitu dibawah 2 % dari total bahan baku yang digiling. Untuk mendeteksi dapat dilihat ketika proses penggilingan sehingga bisa dipisah terlebih dahulu daun dan akar karena tidak menghasilkan nira sebagai bahan baku gula kristal putih.

Risiko kedua kerusakan mesin HDS ada *spare part* yang rusak sehingga mesin diberhentikan sementara dan proses berikutnya menunggu hingga mesin HDS bisa bekerja kembali. Kejadian risiko mesin HDS rusak ringan maupun berat dengan frekuensi dua hari sekali atau tiga hari sekali. Untuk mendeteksi adanya kerusakan mesin HDS yaitu dengan mendengar suara mesin atau ketika mesin berhenti ketika sedang beroperasi. Data *downtime* mesin HDS didapatkan dari *daily report* dari departemen teknik. Data *downtime* komponen menunjukkan lamanya kegagalan dan tingkat kegagalan komponen yang terjadi. Data tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 *Downtime* Komponen mesin HDS

No.	Komponen	<i>Downtime</i> (Jam)	Frekuensi Kerusakan
1	Tangkai <i>Hammer</i>	6,5	7
2	<i>Hammer Tip</i>	9,2	7
3	Rotor	0,67	2
4	<i>As Shredder</i>	0,59	2

Sumber: Data Primer PG Kebon Agung, 2017

Kejadian kecelakaan akibat pengoperasian mesin produksi akibat kelalaian pekerja tidak menggunakan APD maupun pengoperasian mesin dan alat tidak sesuai prosedur sehingga melukai pekerja bahkan kematian. Frekuensi kejadian kecelakaan ringan seperti terkena mesin panas cukup jarang terjadi, kecelakaan yang hingga menyebabkan kematian ada namun sangat jarang terjadi. Pada musim giling 2017 terdapat sedikitnya 2 orang meninggal dunia, hal ini sangat fatal. Untuk mendeteksi kecelakaan yaitu area yang berbahaya bagi pekerja supaya dihindari.

Kejadian kerusakan mesin pengemas yaitu mengakibatkan kemasan robek dan tidak sempurna. Frekuensi kejadian mesin pengemas bermasalah cukup jarang yaitu maksimal rata-rata tiga hari sekali. Adapun kegagalan proses pengemasan yang terjadi antaralain, kemasan berkerut dan kemasan sobek. Cara mendeteksi kerusakan mesin pengemas yaitu dengan melihat hasil kemasan produk atau ketika mesin berhenti bekerja ketika dioperasikan.

Kejadian proses evaporasi dengan nira terlalu kental dengan kekentalan normal 60%brix namun yang terjadi lebih dari 70%brix sehingga sulit dilakukan tahapan proses selanjutnya. Adapun apabila

kekentalan dibawah standar normal kurang dari 60 %brix maka akan menambah beban kerja evaporator menjadi lebih berat dan proses evaporasi menjadi lebih lama. Kejadian kekentalan nira tidak sesuai yaitu cukup jarang, hal ini dipengaruhi bahan baku dan imbibisi yang ditambahkan saat proses evaporasi. Untuk mendeteksi kesesuaian kekentalan nira proses yaitu dengan pemeriksaan setiap 30 menit.

Perhitungan *fuzzy* AHP dimulai dari perhitungan AHP terlebih dahulu lalu setelah didapatkan hasil perhitungan dilanjutkan dengan fuzzifikasi. Perhitungan AHP diawali dengan mengolah data hasil kuisisioner dari ketiga responden ahli menjadi matriks perbandingan berpasangan. Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung total kolom, total baris, vektor prioritas, mencari nilai bobot vektor dan lamda maksimum. Hasil dari perhitungan AHP adalah nilai CI dan CR. Nilai konsistensi merupakan pengukuran tingkat kesalahan dalam menentukan angka-angka perbandingan berpasangan faktor satu dengan faktor lainnya. Nilai CR digunakan untuk mengukur konsistensi, apabila nilai CR (*Consistency Ratio*) $\geq 10\%$ maka data kuesioner tersebut tidak konsisten yang berarti harus ada pengulangan dalam pengisian kuesioner, apabila nilai CR $\leq 10\%$ maka data kuesioner sudah konsisten dan tidak perlu ada pengulangan. Selanjutnya adalah fuzzifikasi/perhitungan *fuzzy* dengan menggunakan bilangan TFN (*Triangular Fuzzy Number*), membuat matriks perbandingan sama seperti pada perhitungan AHP, membuat perhitungan nilai *low* (l), *medium* (m), dan *upper* (u), setelah itu membuat *fuzzy syntetic extent*. Setelah didapatkan nilai tersebut lalu didapatkan hasil akhir adalah nilai normalisasi vektor bobot.

Pada penerapan metode *fuzzy* AHP membutuhkan responden untuk mengisi kuesioner dalam proses pengambilan keputusan. Terdapat 1 responden ahli yang digunakan dalam penyebaran kuesioner. Responden dipilih berdasarkan pada pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki terhadap strategi mitigasi risiko proses produksi gula Kristal putih, responden tersebut adalah bapak sri winarno, sebagai supervisor pabrikasi.

Berdasarkan hasil kuesioner dengan responden ahli dilakukan pemberian nilai masing-masing alternatif strategi penguatan kinerja oleh responden tersebut. Hasil kuesioner dapat dilihat pada lampiran dalam bentuk matriks. Selanjutnya, data yang terdapat pada matriks pendapat individu dihitung. Hasil perhitungan kuesioner dengan

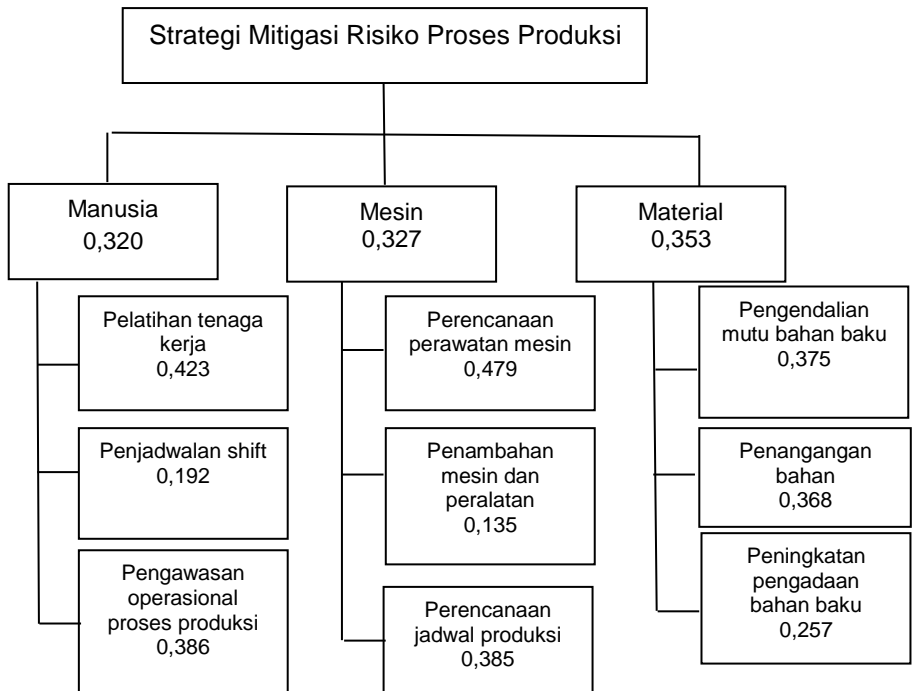
diperoleh nilai rasio konsistensi responden dan bobot masing masing alternatif strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih. Responden dinilai konsisten jika nilai rasio konsistensi nya kurang dari atau mendekati 0,1 atau 10%. Apabila nilai rasio konsistensinya lebih dari 0,1 atau 10% maka penilaian responden dinilai kurang konsisten dan data penilaian harus diperbaiki. Menurut Marimin (2005), consistency ratio (CR) merupakan parameter yang digunakan untuk memeriksa apakah perbandingan berpasangan telah dilakukan dengan konsekuen atau tidak. Nilai rasio konsistensi responden dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7 Rasio Konsistensi Responden

Pakar	Nilai Konsistensi (CR)
1	0,05
2	0,03
3	0,03

Sumber : Data Primer Diolah (2017)

Pada metode *fuzzy* AHP yang dilakukan menggunakan teknik komparasi berpasangan antar elemen yang dibandingkan. Pada skala dasar penelitian tingkat kepentingan yang dimulai dari angka 1 sampai 9. Pengolahan dilakukan dengan menghitung matrik pendapatan individu menjadi matrik pendapat gabungan. Setelah itu dilakukan analisis vertikal matriks gabungan sehingga memperoleh hasil prioritas elemen terhadap sasaran utama yaitu strategi mitigasi risiko proses produksi pada gula kristal putih yang terdapat pada PG Kebon Agung. Struktur Hierarki AHP dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Struktur Hierarki AHP

Strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih dilakukan dengan wawancara dan diskusi dengan responden ahli yang ada di PG Kebon Agung. Berdasarkan **Gambar 4.2** dapat dilihat bahwa level pertama adalah tujuan dimana tujuan hierarki adalah strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih. Level kedua adalah faktor dimana dalam pembuatan faktor strategi risiko proses produksi gula kristal putih dibagi menjadi 3 faktor. Faktor hierarki strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih diantaranya adalah manusia, mesin dan material. Faktor tersebut merupakan hasil wawancara dan diskusi dengan responden ahli serta peninjauan langsung ke PG Kebon Agung.

Berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan responden ahli didapatkan bahwa dalam menentukan alternatif-alternatif dari faktor manusia, mesin dan material dapat mempermudah dalam menentukan alternatif apa saja

yang digunakan sebagai cara mencapai tujuan dari level pertama ierarki yaitu strategi mitigasi risiko proses produksi gula kristal putih, penentuan tersebut kepada risiko-risiko yang terjadi di perusahaan. Faktor manusia memiliki beberapa alternatif strategi diantaranya adalah pelatihan tenaga kerja, pengawasan operasional tenaga kerja dan penjadwalan shift. Faktor mesin memiliki beberapa alternatif strategi mitigasi diantaranya perencanaan dan perawatan mesin, penambahan mesin dan peralatan, perencanaan jadwal produksi. Faktor material memiliki beberapa alternatif strategi mitigasi diantaranya pengendalian mutu dan bahan baku, penanganan bahan dan peningkatan pengadaan bahan baku, setelah itu dilakukan perhitungan agar didapatkan agregat pembobotan terhadap masing-masing faktor dan agregat pembobotan terhadap masing-masing alternatif strategi mitigasi risiko produksi gula kristal putih di PG Kebon Agung. Masing-masing risiko akan dimitigasi oleh strategi mitigasi risikonya.

4.5.1 Analisis Prioritas Variabel Minimasi Risiko Proses Produksi

Bersasarkan perhitungan faktor risiko terhadap faktor mesin, manusia dan material terhadap ketiga responden ahli didapatkan nilai perhitungan CI, CR dan nilai normalisasi untuk masing-masing faktor. Hasil perhitungan *fuzzy* AHP oleh ketiga responden ahli dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Faktor Risiko Produksi Gula kristal putih

Faktor	Pakar	AHP		FAHP Normalisasi Vektor Bobot
		CI	CR	
Manusia	1	0,03	0,05	0,39
Mesin				0,26
Material				0,34
Manusia	2	0,01	0,03	0,28
Mesin				0,43
Material				0,28
Manusia	3	0,01	0,03	0,28
Mesin				0,28
Material				0,43

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan dari **Tabel 4.8** dapat dilihat hasil perhitungan faktor risiko produksi teh hitam terhadap 3 responden pakar didapatkan hasil nilai CI dan CR dari perhitungan AHP dan nilai FAHP normalisasi bobot vektor. Nilai CI untuk masing-masing responden ahli adalah 0,03, 0,01, dan 0,019. Nilai CR untuk masing-masing responden ahli adalah 0,05, 0,03, dan 0,032. Nilai FAHP normalisasi bobot vektor untuk responden ahli 1 untuk faktor mesin, bahan baku, dan sumber daya manusia adalah 0,39, 0,26, dan 0,34. Nilai FAHP normalisasi bobot vektor untuk responden ahli 2 untuk masing-masing faktor adalah 0,28, 0,43, dan 0,28. Nilai FAHP normalisasi untuk responden ahli 3 untuk masing-masing faktor adalah 0,28, 0,28, dan 0,43. Berdasarkan data hasil perhitungan faktor yang didapat dari memiliki nilai $CR \leq 0,1$, maka data sudah dianggap benar (konsisten). Nilai FAHP normalisasi vektor bobot didapatkan dari ketiga responden ahli, namun perlu melakukan agregat dari ketiga responden ahli dengan menjumlah masing-masing faktor dari ketiga responden ahli lalu dibagi dengan jumlah responden ahli yang ada didapatkan hasil agregat faktor mitigasi risiko proses produksigula kristal putih di PG Kebon Agung, Malang yang dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Nilai Faktor Prioritas Penentu Strategi Mitigasi

Variabel	Bobot	Peringkat
Manusia	0,320	3
Mesin	0,327	2
Material	0,353	1

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan hasil pengolahan data responden ahli menggunakan metode *fuzzy* AHP pada **Tabel 4.9** didapatkan nilai bobot masing masing variabel dengan prioritas pertama yaitu variabel material memiliki bobot tertinggi sebesar 0,353 yang menunjukkan bahwa variabel material berpengaruh penting dibandingkan variabel lainnya. Material yang digunakan di PG Kebon Agungyaitu tebu manis, bersih, segar. Pada material memiliki risiko tertinggi yaitu tebu yang mengandung benda asing dan cemaran kimia lain. Menurut Nurhayati (2013) material atau bahan baku merupakan faktor produksi yang sangat penting guna berlangsungnya proses produksi.

Sesuai hasil yang didapat pada **Tabel 4.9** variabel mesin memiliki bobot dengan prioritas kedua dengan nilai 0,327. Permasalahan utama yang dialami PG Kebon Agung yakni mesin yang berjalan secara terus menerus selama 3 shift selama musim giling sehingga keandalan mesin sangat diandalkan disini. Menurut Sodikin (2008) kelancaran suatu proses produksi dipengaruhi oleh keandalan mesin dan peralatan yang digunakan. Oleh karena itu diperlukan penjadwalan dalam melakukan perawatan secara berkala untuk mengantisipasi terjadi *downtime* akibat mesin dan peralatan mengalami kerusakan.

Variabel yang memiliki nilai bobot terendah yaitu sumber daya manusia. Meskipun memiliki bobot yang paling rendah, pihak PG Kebon Agung harus tetap mengantisipasi risiko yang timbul seperti kecelakaan kerja akibat mengoperasikan mesin. Menurut Ali (2009) sumber daya manusia merupakan salah satu faktor input dari sistem produksi, kemampuan seorang tenaga kerja merupakan indikator utama dalam kelancaran produksi.

4.5.2 Analisis Prioritas Strategi Minimasi Proses Produksi

Hasil perhitungan dengan menggunakan *fuzzy* AHP didapatkan prioritas strategi untuk meminimasi risiko proses produksigula kristal putih yang dapat dilihat pada **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11** dan **Tabel 4.12**

Tabel 4.10 Nilai Bobot Alternatif Strategi pada manusia

Strategi	Bobot
1. Pelatihan Tenaga Kerja	0,423
2. Penjadwalan Shift	0,192
3. Pengawasan Operasional Proses	0,386

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.10** didapatkan nilai bobot alternatif strategi pada manusia untuk meminimasi risiko kesalahan prosedur pegawai dalam proses produksi gula kristal putih, alternatif tertinggi yaitu melakukan pelatihan tenaga kerja dengan bobot sebesar 0,423 sebagai alternatif yang dipilih dibandingkan dengan alternatif lain seperti penjadwalan shift dan pengawasan operasional proses.

Pelatihan tenaga kerja merupakan hal yang sangat penting untuk meningkatkan kinerja karyawan baik itu kuantitas maupun

kualitas kerja. Dengan pelatihan tenaga kerja maka akan meningkatkan keahlian karyawan yang harapannya dapat mengoperasikan dan mengantisipasi apabila ada mesin dan peralatan yang tidak berjalan sebagaimana mestinya. Pada PG Kebon Agung pelatihan yang sudah dilakukan yakni pelatihan / *training* karyawan baru.

Pelatihan dimaksudkan untuk memperbaiki penguasaan berbagai keterampilan dan teknik pelaksanaan kerja tertentu, terinci dan rutin. Manfaat pelatihan antara lain meningkatkan kuantitas dan kualitas produktivitas, memenuhi kebutuhan perencanaan sumber daya manusia, mengurangi jumlah biaya dan kecelakaan (Turere, 2013).

Strategi yang memiliki nilai bobot terendah yaitu pengawasan operasional proses produksi. Meskipun memiliki bobot yang paling rendah, pihak PG Kebon Agung harus tetap mengantisipasi risiko yang timbul seperti kelainan tenaga kerja sehingga menyebabkan menurunnya kualitas gula.

Tabel 4.11 Nilai Bobot Alternatif Strategi pada mesin

Strategi	Bobot
1. Perencanaan Perawatan Mesin	0,479
2. Penambahan Mesin Dan Peralatan	0,135
3. Perencanaan Jadwal Produksi	0,385

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.11** didapatkan nilai bobot alternatif strategi pada mesin untuk meminimasi risiko kerusakan mesin dalam proses produksi gula kristal putih, alternatif tertinggi yaitu melakukan perencanaan perawatan mesin dengan bobot sebesar 0,479 sebagai alternatif yang dipilih dibandingkan dengan alternatif lain seperti penambahan mesin dan peralatan dan perencanaan jadwal produksi.

Perencanaan perawatan mesin dilakukan secara berkala sesuai kebutuhan mesin dan dilakukan dengan terjadwal. Namun apabila terjadi kerusakan yang tidak diharapkan maka dilakukan perbaikan mesin. Perawatan dilakukan ketika proses produksi berhenti sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi dan untuk memelihara performa mesin tetap stabil sehingga dapat mencapai target produksi sesuai rencana. Perawatan yang

dilakukan berupa inspeksi kondisi mesin, pemberian pelumas, penggantian suku cadang dan sebagainya.

Mesin yang rusak secara mendadak dapat mengganggu rencana produksi yang telah ditetapkan. Perencanaan perawatan mesin untuk menjaga mesin atau fasilitas lainnya agar dalam keadaan siap pakai ketika diperlukan. Perusahaan menilai pemeliharaan mesin sangat penting dilakukan. Hal ini disebabkan dengan sistem pemeliharaan yang benar maka akan berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi. Kelancaran proses produksi membutuhkan mesin mesin atau peralatan produksi yang berada dalam keadaan baik (Sodikin, 2008).

Strategi yang memiliki nilai bobot terendah yaitu perencanaan jadwal produksi. Meskipun memiliki bobot yang paling rendah, pihak PG Kebon Agung harus tetap menganstisipasi apabila terjadi mesin yang terjadi kerusakan karena melewatkan perawatan mesin sehingga terjadi *downtime* mesin.

Tabel 4.12 Nilai Bobot Alternatif Strategi pada material

Strategi	Bobot
1. Pengendalian Mutu Bahan Baku	0,375
2. Penanganan Bahan	0,368
3. Peningkatan Pengadaan Bahan Baku	0,257

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Berdasarkan **Tabel 4.12** didapatkan nilai bobot alternatif strategi pada mesin untuk meminimasi risiko bahan baku tidak sesuai dalam proses produksi gula kristal putih, alternatif tertinggi yaitu melakukan pengendalian mutu bahan baku dengan bobot sebesar 0,375 sebagai alternatif yang dipilih dibandingkan dengan alternatif lain seperti penanganan bahan dan peralatan dan peningkatan pengadaan bahan baku.

Pengendalian mutu bahan baku merupakan satu hal yang sangat penting untuk membuat produk gula kristal putih yang berkualitas disamping proses produksi. Untuk mencapai bahan baku berkualitas maka ditetapkan standar minimal tebu yang dilakukan sebelum tahap proses produksi, adapun diperhatikan antara lain rendemen, waktu penebangan, kebersihan tebu dan lain-lain. Untuk lebih efektif dan efisien maka pengendalian dilakukan sejak dari sawah petani.

Sistem pengendalian bahan baku merupakan bagian vital dalam perusahaan. Pentingnya pengendalian pembelian bahan baku dikarenakan dalam pelaksanaan kegiatan produksi harus ada bahan baku. Oleh karena itu dalam usaha, masalah bahan baku merupakan masalah penting. Tanpa ada pengendalian bahan baku yang tepat memungkinkan terjadinya pembelian dengan harga beli yang terlalu tinggi yang pada akhirnya merugikan perusahaan (Kwang dan Suryandi, 2011)

Strategi yang memiliki nilai bobot terendah yaitu peningkatan pengadaan bahan baku. Meskipun memiliki bobot yang paling rendah, pihak PG Kebon Agung harus tetap mengantisipasi apabila tidak meningkatkan bahan baku maka akan berpengaruh pada kualitas gula kristal putih yang di produksi.

4.6 Implikasi Manajerial

Berdasarkan hasil pembahasan terdapat beberapa rekomendasi manajerial yang perlu dilakukan oleh Pabrik Gula Kebon Agung kabupaten Malang diperoleh beberapa alternatif yang memiliki bobot tertinggi. Alternatif yang memiliki bobot tertinggi berarti informan menganggap strategi tersebut diprioritaskan untuk diterapkan di perusahaan. Penelitian ini memiliki 9 alternatif strategi yang dikelompokkan kedalam 3 faktor yaitu mesin, manusia, dan material. Berikut merupakan perbaikan pada 3 risiko prioritas yang disusun berdasarkan pembobotan *fuzzy AHP*:

1. Risiko rangking pertama adalah kontaminasi benda asing. Perbaikan yang dapat dilakukan dari faktor material adalah melakukan standarisasi bahan baku dengan lebih ketat terhadap kebersihan tebu selain tebu harus manis dan segar. Perbaikan dari sumber daya manusia yang dapat dilakukan supaya tidak terkontaminasi bahan lain yaitu pemeriksaan terhadap proses penggilingan oleh operator mesin giling dan *quality control*. Upaya yang dilakukan dari faktor mesin yaitu selalu memeriksa mesin dan peralatan dalam keadaan bersih dan tidak terjadi korosi karena bahan akan terkontaminasi oleh besi yang terkorosi.
2. Risiko rangking kedua adalah kecelakaan akibat pengoperasian mesin dan peralatan. Perbaikan dari faktor sumber daya manusia adalah pelatihan tenaga kerja kepada karyawan secara rutin, baik itu pelatihan dalam pengoperasian mesin maupun pelatihan

menghadapi mesin yang rusak supaya tidak terjadi kesalahan prosedur yang mengakibatkan cedera maupun kecelakaan yang fatal bagi pekerja. Untuk mencegah dan meminimalisir cedera pekerja wajib menggunakan alat pelindung diri selama di dalam area pabrik. Perbaikan dari faktor mesin yaitu melakukan inspeksi dan perawatan mesin dan peralatan untuk menghindari mesin yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Perbaikan dari faktor material yaitu tidak melakukan operasi mesin melebihi kapasitas.

3. Risiko ketiga adalah kerusakan mesin *hammer* HDS. Perbaikan dari faktor manusia adalah pengawasan operasional dan pelatihan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin supaya mesin dapat berjalan normal sesuai kapasitas produksi. Perbaikan dari faktor mesin yaitu inspeksi dan perawatan mesin secara berkala karena mesin giling berjalan secara terus menerus selama masa giling sehingga membutuhkan perawatan dan deteksi dini untuk perbaikan. Perbaikan dari faktor material yaitu bahan baku supaya berstandar manis bersih segar supaya mudah dalam penggilingannya, kemudian bahan yang masuk ke dalam mesin supaya tidak melebihi kapasitas mesin.
4. Risiko yang keempat adalah kerusakan mesin pengemas. Perbaikan dari faktor manusia adalah pengawasan operasional dan pelatihan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin sesuai prosedur serta bagaimana memperbaiki apabila terjadi masalah yang kecil. Perbaikan dari faktor mesin yaitu inspeksi dan perawatan mesin secara berkala. Selain itu penyediaan mesin cadangan supaya tidak menimbulkan antrian apabila ada mesin yang rusak. Perbaikan dari faktor material yaitu menyediakan bahan pengemas yang sesuai dan berkualitas baik agar tidak terjadi kendala saat proses pengemasan.
5. Risiko yang kelima adalah kekentalan nira tidak sesuai. Perbaikan dari faktor manusia adalah pelatihan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin evaporator sesuai prosedur. Kemudian pengawasan operasional mesin untuk mengontrol proses yang berlangsung. Perbaikan dari faktor mesin yaitu menjaga kebersihan skrap supaya pipa tidak tersumbat sehingga dapat menghambat nira ke proses berikutnya. Perbaikan dari faktor material yaitu pengendalian kapasitas proses tidak melebihi kemampuan kapasitas mesin

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan yaitu pada proses produksi gula kristal putih dapat teridentifikasi risiko sebanyak 18 risiko. Adapun kedelapanbelas risiko tersebut antara lain keterlambatan pasokan tebu, kualitas tebu tidak sesuai standar, kerusakan mesin hammer HDS, risiko kontaminasi benda asing lain, kerusakan mesin *carrier*, korosi pada gilingan, pemerahan kurang maksimal, kerusakan *cane cutter*, tidak stabilnya suhu saat evaporasi, banyak nira tercampur ampas, kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tinggikan waktu terlalu lama, ukuran kristal yang diluar standar, ukuran kristal tidak seragam, kekentalan tidak sesuai, kurangnya sanitasi peralatan, gula mengandung logam, kerusakan mesin pengemas, dan kecelakaan akibat pengoperasian mesin. Risiko kritis yang dilakukan strategi mitigasinya adalah risiko yang nilai FRPNya berada di posisi lima teratas.

Hasil penilaian risiko proses produksi didapatkan risiko tertinggi yaitu risiko kontaminasi benda asing, kerusakan mesin hammer HDS, kecelakaan akibat pengoperasian mesin, kerusakan mesin pengemas, kekentalan nira tidak sesuai. Dari kelima risiko tertinggi tersebut dilakukan mitigasi risiko dengan beberapa alternatif strategi. Penyusunan strategi dalam meminimasi risiko yang tepat dalam usaha meminimasi risiko yang terjadi di PG Kebon Agung menggunakan metode *fuzzy* AHP. Faktor material menjadi faktor utama karena memiliki bobot tertinggi dengan nilai 0,353. Strategi yang digunakan pada material yaitu pengendalian mutu bahan baku 0,375. Strategi yang digunakan pada manusia yaitu pelatihan tenaga kerja rutin dengan bobot 0,423. Strategi yang digunakan pada mesin yaitu penjadwalan perawatan mesin dengan bobot 0,479. Strategi tersebut dipilih karena memiliki bobot tertinggi dalam perhitungan *fuzzy* AHP.

1.2 Saran

Dari hasil penelitian di Pabrik Gula Kebon Agung kabupaten Malang diharapkan memperhatikan 5 risiko tertinggi yang terjadi di PG Kebon Agung dan menyusun strategi yang tepat. Diharapkan Perusahaan PG Kebon Agung sebaiknya melakukan strategi

alternatif yang telah ditentukan tersebut untuk melakukan meminimalkan terjadinya risiko yang telah diidentifikasi tersebut.

Penelitian selanjutnya diharapkan melanjutkan tahap selanjutnya yaitu tahapan implementasi yang akan diaplikasikan pada perusahaan. Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan perhitungan biaya dalam memilih kebijakan yang akan dijalankan oleh perusahaan. Pengawasan kinerja dan perbaikan seharusnya dilakukan secara terus-menerus, serta melakukan pengawasan dengan memberi tanggung jawab pada masing-masing departemen agar dapat meningkatkan kinerja pada PG Kebon Agung.

DAFTAR PUSTAKA

- Andyana, Tjokorda. 2016. **Penerapan Metode Fuzzy AHP Dalam Penentuan Sektor Yang Berpengaruh Terhadap Perekonomian Provinsi Bali**. Jurnal Matematika. 5(2)
- Ariansyah, K.A., Yuliati, K. dan Hanggita, S. R. J. 2012. **Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Hg, Cu dan As) Pada Kerupuk Kemplang di Desa Tebing Gerinting Utara, Kecamatan Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir**. Jurnal Fitech 1(1):69-77
- Arif, M. 2016. **Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri**. Dee Publish. Yogyakarta
- Chavez, M., Beretsen, P., and Oudelansink, A. 2012. **Assesment of Criteria and Farming Activities for Tobacco Diversivication Using the Analytical Hierarcical Process (AHP) Technique**. Agricultural Systems 111:53-62
- Chemweno, Peter., Pintelon, L., Van Horenbeek, A., dan Muchiri, P. 2015. **Development Of A Risk Assessment Selection Methodology For Asset Maintenance Decision Making: An Analytic Network Process (ANP) Approach**. Journal production economics. 170(1):663-676
- Dinmohammadi, F. dan Shafiee, M. 2013. **A Fuzzy FMEA Risk Assesment Approach For Offshore Wind Turbines**. 4(10):121-131
- Fahriyah, Heru, S., dan Sherley, S., 2011. **Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi dan Pendapatan Usaha Tani Apel**. Jurnal Agrise 11(3): 1-6
- Faqih, A. 2010. **Manajemen Agribisnis**. Dee Publish. Yogyakarta
- Feili, H. R., Akar, N., Lotfizadeh, H., Bairampour, M., dan Nasiri, S. 2013. **Risk Analysis of Geothermal Power Plants Using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)**

Technique.Journal Energy Conversion and Management. 72(1):69-76

Fuad, M., Crhristin, H., Nurlela, Sugiarto, Paulus, Y. E. F. 2006.**Pengantar Bisnis**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Gupta, Sandipan dan Chakraborty, M. 2014. **Job Evaluation in Fuzzy Environment. Fuzzy Sets and Systems**. Vol. 100. Hal. 71-76.

Hendaryanti, H. 2012. **Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap di Pabrik Gula Kebon Agung Malang**. Jurnal Gamma 8(1):148-153

Huda, A. T., Novareza, O dan Andriani, D. P. 2014. **Analisis Aktivitas Perawatan Mesin HDS Di Stasiun Gilingan Menggunakan Maintenance Value Stream Map (MVSM) Studi Kasus PG Kebon Agung Malang**. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri 3(2):313-321

Kouvelis, D., Boyolati, and Li. 2012. **Handbook of Integrated Risk Management In Global Supply Chain**. A John Willey. New York

Kumru, M. dan Kumru, P. Y. 2013.**Fuzzy FMEA Application to Improve Purchasing Process in a Public Hospital**. Applied Soft Computing .13(1):721-733

Kwang, Tan dan Suryandi.2011.**Peranan Sistem Informasi Akuntansi terhadap Pengendalian Intern Aktivitas Pembelian Bahan Baku Guna Mencapai Penyerahan Bahan Baku yang Tepat Waktu (Studi Kasus pada Perusahaan “X” Bandung)**. Akurat Jurnal Akuntansi. 6(2)

Latief, A. S., Rizal, S., Bambang, P., Muldiono. 2010. **Peningkatan Mutu Gula Tumbu Melalui Metode Sulfitasi Dalam Laboratorium**. Jurnal Gema Teknologi 16(1)

- Madura, J. 2007. **Pengantar Bisnis Edisi 4**. Salemba Empat. Jakarta
- Maulidya, R. A., Suparno dan Baihaqi, Imam. 2014. **Analisis Risiko Supply Side Pengadaan Bahan Baku Dalam Hubungan Supplier Buyer dengan Fuzzy AHP Studi kasus PT. Kasa Wira Husada Jatim**. Jurnal Ilmiah Teknik Industri 6(1):1-6
- Marimin. 2010. **Teknik dan Aplikasi Pegambilan Keputusan Majemuk**. PT Grasindo. Jakarta
- N. A. Wessiani dan S.O. Sarwoko. 2015. **Risk Analysis Of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA**. Procedia Manufacturing. 4(1): Hal 270-281
- Nasution, S. 2014. **Risks Evaluation and Identification Using fuzzy FMEA for Shrimp Based Agroindustri Supply Chain**. Journal of Industrial Research. 8(1):135-146
- Nurhayati, Y. 2013. **Pengaruh Pasokan Bahan Baku Terhadap Proses Produksi Dan Tingkat Penjualan Pada Industri Rotan Kabupaten Cirebon**. Edunomic 1(1):26-34
- Nursanti, I. dan Susanto, Y. 2014. **Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Packing Untuk Meningkatkan Nilai Availability Mesin**. Jurnal Ilmiah Teknik Industri 13(1):96-102
- Purwiyatno. 2009. **Petunjuk Sederhana Memproduksi Pangan Yang Aman**. Dian rakyat. Jakarta
- R.E Mc Dermott, R.J. Mikulak and M. R. Beauregard. 2009. **The Basics of FMEA 2nd Edition**. CRC Press Taylor & Francis Group. US
- Rosa, Y. 2014. **Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium**. Jurnal Teknik Mesin 2(2):107-119.

- Rusmiati, E. 2012. **Penerapan *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA)* Dalam Mengidentifikasi Kegagalan Pada Proses Produksi di PT Daesol Indonesia.** Jurnal Teknologi dan Manajemen. 10(2):18-34
- Sandhyavitri, Ari dan Niko, S. 2013. **Analisis Risiko Jalan Tol Tahap Pra Konstruksi.** Teknik Sipil. 9(1):1-19
- Sarinah dan Taufik, D. 2015. **Analisis Strategi Penanganan Risiko Kekurangan Pasokan Pada Industri Pengolahan Rumput Laut: Kasus di Sulawesi Selatan.** Jurnal Agritech. 35(2):223-233
- Shinta, A dan Pratiwi, A. R. 2011. **Analisis Faktor Produksi Pabrik Gula Kebon Agung Malang.** Jurnal Agrise. 10(1):1-7
- Sodikin, I. 2008. **Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik dan Komponen Mekanik yang Optimal pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 109 dengan Pendekatan Model Jardine,** Jurnal Teknologi 2(1)
- Storia, E.A., dan Prabowo. 2016. **Pengaruh °Brix Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Pada Evaporator Robbert System Quintiple Effect Di PG. Gempolkrep.** Jurnal Teknik ITS 5(1):7-12.
- Subagyo, Ahmad. 2007. **Studi Kelayakan Teori dan Aplikasi.** PT. Elex Media Komputindo. Jakarta
- Sudibyo, Hartono, S., Maas, A. 2014. **Analisis Kinerja Karyawan Divisi *Mill* dan *Bolier* PT. Gula Putih Mataram.** Jurnal Agro Ekonomi 25(2):205-215.
- Sugiyanto, C. 2007. **Permintaan Gula di Indonesia.** Jurnal Ekonomi Pembangunan. 8(2):113-127
- Suma'mur. 2009. **Hiegene Perusahaan dan Keselamatan Kerja (HIPERKES).** CV. Haji Masagung. Jakarta

- Turere, V. N. 2013. **Pengaruh Pendidikan dan Pelatihan Terhadap Peningkatan Kinerja Karyawan pada Balai Pelatihan Kalasey**. Jurnal EMBA 1(3):10-19
- Wang, Y. M., Chin, K. S., Poon. G. K. K., dan Yang, J. B. 2009. **Risk Evaluation in Failure Mode and Effect Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean**. JournalExpert sistem with Application. 36(1): 1195-1207.
- Widyastutik dan Arianti R. K. 2014.**Analisis Strategi Kebijakan Mutu dan Standar Produk Kayu Lapis Dalam Rangka Meningkatkan Daya Saing Ekspor**.Jurnal Agribisnis Indonesia. 2(1):75-92.
- Wu, T., dan Blackhurst, J. 2009.**Managing Supply Chain Risk and Vulnerability : Tools and Method for Supply Chain Decision Makers**. Springer. Newyork
- Yang, Z., Bonsall, S., dan Wang, J. 2008.**Fuzzy Rule- Based Bayesian Reasoning Approach for Prioritization of Failures in FMEA**. IEEE Transaction on Realibility. 3(5):517-528
- Yen, R.H., and Hsieh, M.H. 2007.**Fuzzy Assesment of Institute of FMEA for a Sewage Plant**.Journal The Chinese Institute Of Industrial Engineers 24(6): 505-512
- Zegordi, S.H., Nik, Rezaee. E., Nazari, A. 2012. **Power Plant Project Risk Assesment Using a Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS Method**.International Journal of Engineering.25(2) 107-120

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA

**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
Jl. Veteran No.6, Malang**

Dengan hormat,

Terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi dan menjawab seluruh pertanyaan yang ada dalam kuesioner. Saya Dwi Tresna Choirul Yusuf (135100301111069) mahasiswa jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, sedang mengadakan penelitian berjudul **“Manajemen Risiko Produksi Gula Menggunakan *Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Dan *Fuzzy* AHP Di PG. Kebon Agung”**. Kuisisioner ini ditujukan untuk Bapak/Ibu pihak PG. Kebon Agung. Untuk itu diharapkan Bapak/Ibu dapat memberikan jawaban yang sebenar-benarnya demi kelancaran penelitian ini. Tidak ada jawaban yang benar atau salah dalam kuesioner ini. Semua informasi dalam kuesioner ini bersifat rahasia dan hanya digunakan untuk kepentingan akademis. Atas waktu dan kesediaannya saya sampaikan terimakasih, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua.

Ttd,

Dwi Tresna
Choirul Yusuf

Lampiran 1. Kuesioner Identifikasi Risiko, dan Urutan Prioritas Risiko (Lanjutan)

1. Proses Produksi Manufaktur (PG. Kebon Agung)

IDENTIFIKASI RESPONDEN

Nama Responden :

Jabatan :

Masa Kerja :

Petunjuk:

- Anda diminta untuk mengisi beberapa pernyataan kuesioner dibawah ini dengan benar.
- Beri tanda silang (X) pada kolom yang tersedia untuk menentukan kejadian, dampak, dan deteksi risiko tersebut sesuai dengan pendapat anda.
- Untuk pertanyaan pembobotan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat melihat aturan dalam tabel dibawah ini.

Skala untuk *Occurrence* (seberapa sering kegagalan terjadi)

<i>Ranking</i>	Efek	Probabilitas Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	< 1 dalam 150000
2	Sedikit	1 dalam 150000
3	Sangat kecil	1 dalam 15000
4	Kecil	1 dalam 2000
5	Rendah	1 dalam 400
6	Sedang	1 dalam 80
7	Cukup tinggi	1 dalam 20
8	Tinggi	1 dalam 8
9	Sangat tinggi	1 dalam 3
10	Hampir pasti	> 1 dalam 2

Skala untuk *Severity* (dampak)

<i>Ranking</i>	Efek	Efek dari <i>Severity</i>
1	Tidak ada	Tidak Berpengaruh
2	Sangat kecil	Sistem dapat beroperasi dengan gangguan kecil
3	Kecil	Sistem dapat beroperasi dengan mengalami penurunan kinerja
4	Sangat rendah	Sistem dapat beroperasi dengan mengalami penurunan kinerja secara signifikan
5	Rendah	Sistem tidak dapat beroperasi, tanpa kerusakan
6	Cukup	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil
7	Tinggi	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan pada peralatan
8	Sangat tinggi	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan
9	Serius	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi <i>system safety</i> dengan peringatan
10	Berbahaya	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi <i>system safety</i> dengan peringatan

Skala untuk *Detection* (deteksi)

<i>Ranking</i>	Efek	Kemungkinan deteksi
1	Hampir pasti	Hampir pasti kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
2	Sangat tinggi	Sangat tinggi kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
3	Tinggi	Tinggi kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
4	Cukup tinggi	Cukup tinggi kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya

5	Cukup	Sedang kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
6	Rendah	Rendah kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
7	Sangat rendah	Sangat rendah kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
8	Kecil	Kecil kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
9	Sangat kecil	Sangat kecil kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
10	Hampir mustahil	Tidak ada yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

KUESIONER

1. Frekuensi Kejadian

1. Risiko keterlambatan pasokan tebu

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

2. Risiko kualitas tebu tidak sesuai standar

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

3. Risiko kontaminasi benda asing lainnya selama proses pengolahan gula

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

4. Kerusakan mesin *Hammer* HDS

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

5. Kerusakan mesin *carrier*

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

6. Korosi pada gilingan

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

7. kerusakan *Cane cutter*

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

8. Pemerahan kurang maksimal

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

9. Banyak nira tercampur ampas

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
----------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

10. kerusakan sukrosa karena suhu terlalu panas dan waktu proses yang terlalu lama

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

11. Tidak stabilnya suhu saat evaporasi

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

12. Ukuran Kristal gula yang tidak sesuai standar

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

13. Ukuran Kristal gula yang tidak seragam

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

14. Kekentalan tidak sesuai

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

15. Gula mengandung logam

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

16. Kurangnya sanitasi peralatan

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

17. Kerusakan mesin pengemas

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

18. Kecelakaan akibat operasi mesin

Kejadian	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
-----------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

2. Dampak yang ditimbulkan dari kejadian

1. Risiko keterlambatan pasokan tebu

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

2. Risiko kualitas tebu tidak sesuai standar

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

3. Risiko kontaminasi benda asing lainnya selama proses pengolahan gula

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

4. Kerusakan mesin *Hammer* HDS

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

5. Kerusakan mesin *carrier*

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

6. Korosi pada gilingan

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

7. kerusakan *Cane cutter*

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

8. Pemerahan kurang maksimal

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

9. Banyak nira tercampur ampas

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
--------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

10. kerusakan sukrosa karena suhu terlalu panas dan waktu proses yang terlalu lama

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

11. Tidak stabilnya suhu saat evaporasi

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

12. Ukuran Kristal gula yang tidak sesuai standar

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

13. Ukuran Kristal gula yang tidak seragam

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

14. Kekentalan tidak sesuai

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

15. Gula mengandung logam

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

16. Kurangnya sanitasi peralatan

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

17. Kerusakan mesin pengemas

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

18. Kecelakaan akibat operasi mesin

Dampak	Sangat Rendah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Tinggi
---------------	----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

3. Kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan kemungkinan terjadinya kegagalan berikutnya

1. Risiko keterlambatan pasokan tebu

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

2. Risiko kualitas tebu tidak sesuai standar

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

3. Risiko kontaminasi benda asing lainnya selama proses pengolahan gula

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

4. Kerusakan mesin *Hammer* HDS

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

5. Kerusakan mesin *carrier*

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

6. Korosi pada gilingan

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

7. kerusakan *Cane cutter*

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

8. Pemerahan kurang maksimal

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

9. Banyak nira tercampur ampas

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
---------	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

Lampiran 1. Kuesioner *Fuzzy* FMEA (Lanjutan)

10. kerusakan sukrosa karena suhu terlalu panas dan waktu proses yang terlalu lama

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

11. Tidak stabilnya suhu saat evaporasi

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

12. Ukuran Kristal gula yang tidak sesuai standar

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

13. Ukuran Kristal gula yang tidak seragam

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

14. Kekentalan tidak sesuai

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

15. Gula mengandung logam

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

16. Kurangnya sanitasi peralatan

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

17. Kerusakan mesin pengemas

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

18. Kecelakaan akibat operasi mesin

Deteksi	Sangat Mudah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat Sulit
----------------	---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------------

Lampiran 2. Kuesioner Bobot Faktor, Bilangan *Fuzzy* dan Rata-Rata Nilai

Agregat Bobot Kepentingan S, O, dan D

IDENTITAS RESPONDEN

Nama Responden :

Jabatan :

Masa Kerja :

Petunjuk Pengisian:

Berilah simbol (✓) pada kolom yang tersedia untuk menentukan besar kejadian, dampak dan deteksi yang terjadi sesuai dengan pendapat anda.

Bobot Faktor	Sangat Rendah	Ren dah	Seda ng	Tin ggi	Sangat Tinggi
Frekuensi Kejadian					
Dampak yang ditimbulkan dari kejadian					
Kemampuan mendeteksi penyebab kegagalan dan kemungkinan terjadinya kegagalan berikutnya					

Lampiran 3. Kuesioner *Fuzzy AHP*

IDENTITAS RESPONDEN

Nama Responden :
Jabatan :
Lama Bekerja :

Petunjuk Pengisian:

1. Bapak/Ibu diminta untuk mengisi bobot kepentingan pada tabel matriks antar faktor dengan cara memberikan tanda silang (X) pada nomor yang tersedia.
2. Apabila kendala sebelah kiri lebih penting maka beri tanda silang (X) pada nilai yang terdapat di sebelah kiri.
3. Apabila kendala sebelah kanan lebih penting maka beri tanda silang (X) pada nilai yang terdapat di sebelah kanan.
4. Bapak/Ibu diharapkan mengisi seluruh pertanyaan dengan keadaan yang sebenarnya.
5. Tidak ada jawaban benar atau salah dalam kuesioner ini.
6. Adapun skala penilaian antar faktor dapat dilihat pada aturan dalam tabel di bawah ini.

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dibanding elemen lain
5	Elemen yang satu cukup penting dibanding elemen lain
7	Elemen yang satu sangat penting dibanding elemen lain
9	Elemen yang mutlak lebih penting dibanding elemen lain
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua tingkat kepentingan yang berurutan

Lampiran 3. Kuesioner *Fuzzy* AHP (Lanjutan)

Kuesioner

1. Berikut adalah perbandingan tingkat kepentingan antara kriteria. Menurut anda bagaimana perbandingan tingkat kepentingan kriteria berikut:

Kriteria	Skala									Kriteria
Manusia	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mesin
Mesin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Material
Material	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Manusia

2. Berikut adalah perbandingan tingkat kepentingan antara kriteria manusia dengan kriteria lain. Menurut anda bagaimana perbandingan tingkat kepentingan alternatif berikut:

Kriteria	Skala									Kriteria
Pelatihan tenaga kerja	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penjadwalan shift
Penjadwalan shift	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pengawasan operasional proses
Pengawasan operasional proses	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pelatihan tenaga kerja

Lampiran 3. Kuesioner *Fuzzy* AHP (Lanjutan)

3. Berikut adalah perbandingan tingkat kepentingan antara kriteria Mesin dengan kriteria lain. Menurut anda bagaimana perbandingan tingkat kepentingan alternatif berikut:

Kriteria	Skala									Kriteria
Perencanaan perawatan mesin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perencanaan jadwal produksi
Penambahan mesin dan peralatan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perencanaan perawatan mesin
Perencanaan jadwal produksi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penambahan mesin dan peralatan

4. Berikut adalah perbandingan tingkat kepentingan antara kriteria material dengan kriteria lain. Menurut anda bagaimana perbandingan tingkat kepentingan alternatif berikut:

Kriteria	Skala									Kriteria
Pengendalian mutu bahan baku	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan pengadaan bahan baku
Penanganan bahan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pengendalian mutu bahan baku
Peningkatan pengadaan bahan baku	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penanganan bahan

Lampiran 4. Hasil Kuesioner Responden

		Nilai	Fuzzy Number			Fuzzy Number x Bobot			jumlah	Rts
S	0.4	0.5	0.25	0.5	0.75	0.1	0.2	0.3	0.6	1.7
	0.3	0.75	0.5	0.75	1	0.15	0.225	0.3	0.675	
	0.3	0.5	0.5	0.5	0.75	0.15	0.15	0.225	1.275	
O	0.4	0.5	0.25	0.5	0.75	0.1	0.2	0.3	0.6	1.2
	0.3	0.5	0.25	0.5	0.75	0.075	0.15	0.225	0.45	
	0.3	0.5	0.25	0.5	0.75	0.075	0.15	0.225	0.45	
D	0.4	0.5	0.25	0.5	0.75	0.1	0.2	0.3	0.6	1.2
	0.3	0.5	0.25	0.5	0.75	0.075	0.15	0.225	0.45	
	0.3	0.5	0.25	0.5	0.75	0.075	0.15	0.225	0.45	

- Detection

kode	Nilai	Fuzzy Number				Fuzzy Number x Bobot				jumlah	Rts
E1	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E2	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E3	8	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5

	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
E4	7	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5
	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
E5	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	2.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E6	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	2.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E7	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	3.25
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E8	7	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	7.5
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
E9	7	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	

E10	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	3.25
	5	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E11	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.2	3.6	3.15
	6	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E12	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E13	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E14	7	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5
	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
E15	2	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.65
	3	1	2	3	4	0.9	0.6	0.9	1.2	3.6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E16	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	

E17	8	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	7	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
E18	7	6	7	8	9	2.4	2.8	3.2	3.6	12	7.5
	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	
	8	6	7	8	9	1.8	2.1	2.4	2.7	9	

- Severity

kode	Nilai	Fuzzy Number			Fuzzy Number x Bobot			jumlah	Rts
E1	6	5	6	7	2	2.4	2.8	7.2	6
	6	5	6	7	1.5	1.8	2.1	5.4	
	6	5	6	7	1.5	1.8	2.1	5.4	
E2	6	5	6	7	2	2.4	2.8	7.2	6.3
	6	5	6	7	1.5	1.8	2.1	5.4	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E3	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	6.7
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
	6	5	6	7	1.5	1.8	2.1	5.4	
E4	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	8.3
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	

E5	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	8
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
E6	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7.3
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E7	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7.6
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
E8	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E9	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	6	5	6	7	1.5	1.8	2.1	5.4	
E10	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	8.3
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
E11	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7.6
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	

E12	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	7.7
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E13	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	7.4
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E14	9	8	9	10	3.2	3.6	4	10.8	9
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
E15	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7.1
	7	6	7	8	2.1	2.1	2.4	6.6	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E16	7	6	7	8	2.4	2.8	3.2	8.4	7
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
	7	6	7	8	1.8	2.1	2.4	6.3	
E17	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
	8	7	8	9	2.1	2.4	2.7	7.2	
E18	8	7	8	9	2.8	3.2	3.6	9.6	
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	
	9	8	9	10	2.4	2.7	3	8.1	

occurence

kode	Nilai	Fuzzy Number				Fuzzy Number x Bobot				jumlah	Rts
E1	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E2	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E3	5	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	5
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
E4	5	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	4.25
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
E5	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.5
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E6	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.5
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	

E7	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	3.25
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E8	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	4.25
	5	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E9	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	4.25
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E10	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	3.25
	5	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E11	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.2	3.6	3.15
	6	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E12	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E13	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	

E14	5	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	4.25
	5	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E15	2	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.65
	3	1	2	3	4	0.9	0.6	0.9	1.2	3.6	
	2	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E16	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	2.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
E17	3	1	2	3	4	0.4	0.8	1.2	1.6	4	4
	5	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
	4	3	4	6	7	0.9	1.2	1.8	2.1	6	
E18	4	3	4	6	7	1.2	1.6	2.4	2.8	8	3.5
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	
	3	1	2	3	4	0.3	0.6	0.9	1.2	3	

Lampiran 5. Perhitungan rata-rata geometri

RANGKING	KOMPONEN RISIKO	FRPN
1	Risiko kontaminasi benda asing lain	7.4585
2	Kecelakaan akibat pengoperasian mesin	7.1020
3	Kerusakan mesin pengemas	6.8614
4	Kerusakan mesin hammer HDS	6.7382
5	Kekentalan tidak sesuai	6.4983
6	Tidak stabilnya suhu saat evaporasi	5.3624
7	Kerusakan cane cutter	5.1696
8	Kualitas tebu tidak sesuai standar	5.1268
9	Pemerahan kurang maksimal	5.0897
10	Ukuran kristal yang diluar standar	5.0716
11	Keterlambatan pasokan tebu	4.9574
12	Kerusakan mesin carrier	4.8673
13	Banyak nira tercampur ampas	4.8359
14	Kerusakan sukrosa karena suhu terlalu tunggidan waktu terlalu lama	4.594
15	Korosi pada gilingan	4.5873
16	Ukuran kristal tidak seragam	4.4185
17	Kurangnya sanitasi peralatan	4.3763
18	Gula mengandung logam	4.3493
rata rata geometri = $\sqrt[18]{(7.4585 \times 7.1020 \times 6.8614 \times 6.7382 \times 6.4983 \times 5.3624 \times 5.1696 \times 5.1268 \times 5.0897 \times 4.9574 \times 4.8673 \times 4.8359 \times 4.594 \times 4.5873 \times 4.4185 \times 4.3763 \times 4.3493)}$		5,3680

Lampiran 6. Perhitungan Pembobotan Strategi Mitigasi Risiko

Responden 1			
	A	B	C
W	0.391661	0.265171	0.343168

Responden 2			
	A	B	C
W	0.284194	0.431613	0.284194

Responden 3			
	A	B	C
W	0.2842	0.2842	0.4316

HASIL 1,2,3	A	B	C
W	0.320	0.327	0.353

Hasil Perhitungan Faktor Risiko Produksi gula kristal putih

Kriteria	Pakar	AHP		FAHP Normalisasi Vektor Bobot
		CI	CR	
Manusia	1	0.03	0.05	0.39
Mesin				0.26
Material				0.34
Manusia	2	0.01	0.03	0.28
Mesin				0.43
Material				0.28
Manusia	3	0.019	0.032	0.28
Mesin				0.28
Material				0.43

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Agregat Kriteria Mitigasi Risiko Produksi gula		
Kriteria	Hasil Gregat	Rangking
Manusia	0.320	3
Mesin	0.327	2
Material	0.353	1

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Lampiran 6. Perhitungan Pembobotan Strategi Mitigasi Risiko (lanjutan)

Kriteria	Pakar	AHP		FAHP Normalisasi Vektor Bobot
		CI	CR	
pelatihan tenaga kerja	1	0.014	0.248	0.413
penjadwalan shift				0.190
pengawasan operasional proses				0.397
pelatihan tenaga kerja	2	0.014	0.02476	0.575
penjadwalan shift				0.148
pengawasan operasional proses				0.278
pelatihan tenaga kerja	3	0.0144	0.2483	0.280
penjadwalan shift				0.238
pengawasan operasional proses				0.482

Hasil Agregat	Hasil	Rangking
pelatihan tenaga kerja	0.423	1
penjadwalan shift	0.192	3
pengawasan operasional proses	0.386	2

Lampiran 6. Perhitungan Pembobotan Strategi Mitigasi Risiko (lanjutan)

Kriteria	Pakar	AHP		FAHP Normalisasi Vektor Bobot
		CI	CR	
perencanaan perawatan mesin	1	0.019	0.032	0.513
penambahan mesin dan peralatan				0.108
perencanaan jadwal produksi				0.377
perencanaan perawatan mesin	2	0.019	0.032	0.514
penambahan mesin dan peralatan				0.109
perencanaan jadwal produksi				0.376
perencanaan perawatan mesin	3	0.0144	0.02483	0.409
penambahan mesin dan peralatan				0.187
perencanaan jadwal produksi				0.403

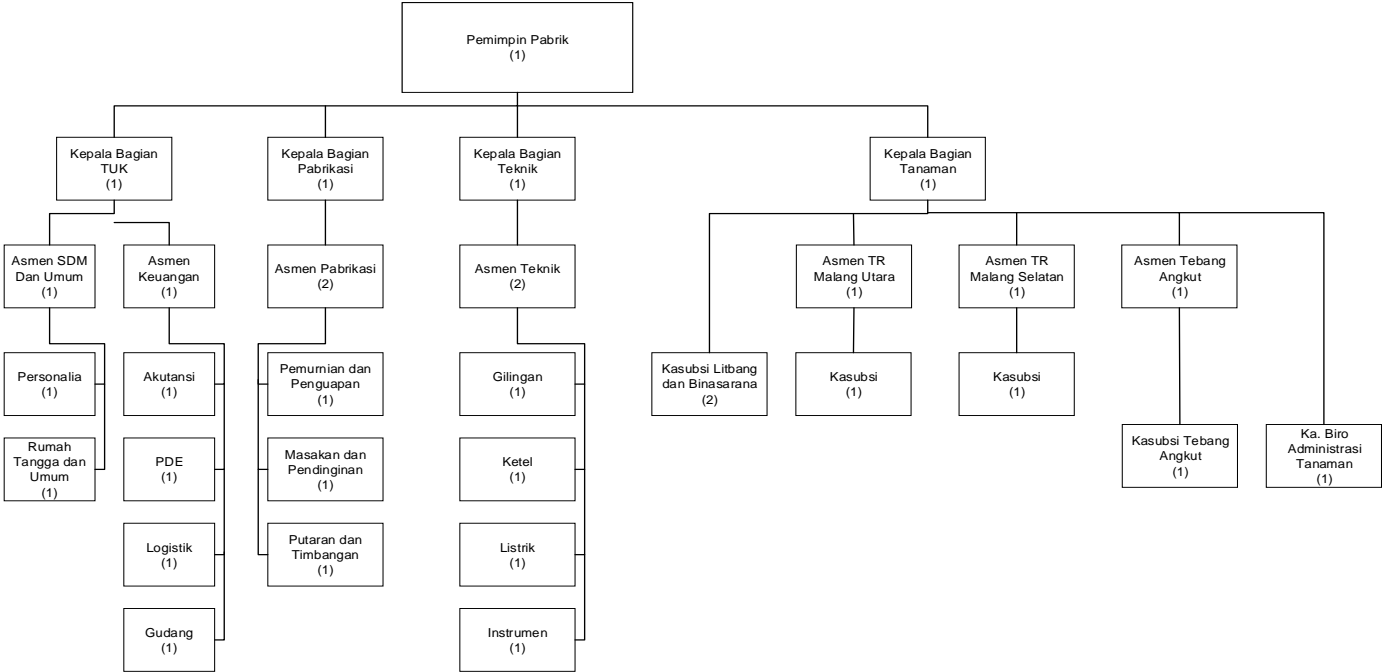
Hasil Agregat	Hasil	Rangking
perencanaan perawatan mesin	0.479	1
penambahan mesin dan peralatan	0.135	3
perencanaan jadwal produksi	0.385	2

Lampiran 6. Perhitungan Pembobotan Strategi Mitigasi Risiko (lanjutan)

Kriteria	Pakar	AHP		FAHP Normalisasi Vektor Bobot
		CI	CR	
pengendalian mutu bahan baku	1	0.0144	0.02483	0.413
penanganan bahan				0.190
peningkatan pengadaan bahan baku				0.397
pengendalian mutu bahan baku	2	0.01436	0.02476	0.465
penanganan bahan				0.398
peningkatan pengadaan bahan baku				0.137
pengendalian mutu bahan baku	3	0.0144	0.02483	0.246
penanganan bahan				0.517
peningkatan pengadaan bahan baku				0.237

Hasil Agregat	Hasil	Rangking
pengendalian mutu bahan baku	0.375	1
penanganan bahan	0.368	2
peningkatan pengadaan bahan baku	0.257	3

Lampiran 7. Struktur Organisasi PG Kebon Agung Malang



Lampiran 8. Alur Proses Produksi Gula

